

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Kazuhiro BARADA, Masao YAMAGUCHI,
Masahiro SASAKI

New U.S. Patent Application

Filed: June 12, 2000

Docket No.: 106440

For: METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING MAGNETORESISTIVE
ELEMENT, SOFTWARE AND SYSTEM FOR CONTROLLING MANUFACTURING OF
MAGNETORESISTIVE ELEMENT, SOFTWARE FOR ESTIMATING RESISTANCE
VALUE OF MAGNETORESISTIVE ELEMENT, AND COMPUTER SYSTEM

CLAIM FOR PRIORITY

Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following
foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority
provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 11-173684, filed June 21, 1999.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

XXX is filed herewith.

 was filed on in Parent Application No. filed .

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of
35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge
receipt of this document.

Respectfully submitted,



James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

Date: June 12, 2000

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

<p>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Jc836 U.S. PTO
09/592291
06/12/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1 9 9 9 年 6 月 2 1 日

出 願 番 号
Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 1 7 3 6 8 4 号

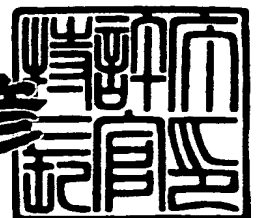
出 願 人
Applicant (s):

ティーディーケイ株式会社

2 0 0 0 年 3 月 1 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 0 - 3 0 1 7 9 1 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD00386

【提出日】 平成11年 6月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明の名称】 磁気変換素子の製造方法および装置、ならびに磁気ヘッドの製造方法および装置

【請求項の数】 30

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

 【氏名】 茨田 和弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

 【氏名】 山口 正雄

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

 【氏名】 佐々木 正博

【特許出願人】

 【識別番号】 000003067

 【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

 【代表者】 澤部 肇

【代理人】

 【識別番号】 100109656

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気変換素子の製造方法および装置、ならびに磁気ヘッドの製造方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための方法であって、

少なくとも前記感磁層を、所定の基体上に選択的に形成する成膜工程と、

前記基体、またはその上に形成された少なくとも前記感磁層を含む構造体、の少なくとも一方に関する情報を、研磨加工前の基体情報として取得する基体情報取得工程と、

前記基体を切断して、それぞれが少なくとも前記感磁層を含む複数の棒状片を形成する切断工程と、

前記棒状片に対して研磨加工を行う研磨工程と

を含み、

前記研磨工程において、前記基体情報を利用して、前記棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする磁気変換素子の製造方法。

【請求項 2】 さらに、

前記基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第 1 の値を求める工程

を含み、

前記研磨工程において、前記第 1 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 3】 前記基体情報取得工程において、前記基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記感磁層のクラウド

イング（密集）抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも1つを取得し、

前記基体情報が、得られた前記感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記仮想抵抗値の少なくとも1つに関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項4】 前記成膜工程において、さらに、前記感磁層と電氣的に接続される引き出し用導電膜、またはダミーとしての少なくとも1つの抵抗膜パターンの少なくとも一方を形成し、

前記基体情報取得工程において、前記基体上に作り込まれた状態の前記引き出し用導電膜または前記抵抗膜パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、

前記基体情報が、得られた前記引き出し用導電膜の抵抗値または前記抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項5】 前記研磨工程において、

さらに、加工中の前記棒状片に関する情報を加工時情報として取得し、

前記基体情報に加えて、さらに、前記加工時情報をも利用して、前記棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項1に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項6】 さらに、

前記基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第1の値を求める工程

を含み、

前記研磨工程において、前記第1の値と前記加工時情報とを用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項5に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 7】 さらに、前記加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記推定抵抗値の一部をなす第 2 の値を求め、

前記研磨工程において、前記第 1 の値および第 2 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにした

ことを特徴とする請求項 6 に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 8】 前記基体情報取得工程において、前記基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記感磁層の密集抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも 1 つを取得し、

前記基体情報が、得られた前記感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記仮想抵抗値の少なくとも 1 つに関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 5 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 9】 前記成膜工程において、さらに、前記感磁層と電氣的に接続される引き出し用導電膜、またはダミーとしての少なくとも 1 つの抵抗膜パターンの少なくとも一方を形成し、

前記基体情報取得工程において、前記基体上に作り込まれた状態の前記引き出し用導電膜または前記抵抗膜パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、

前記基体情報が、得られた前記引き出し用導電膜の抵抗値または前記抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 5 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 10】 前記研磨工程において、さらに、前記棒状片における前記抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、

前記加工時情報が、さらに、得られた前記抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 9 に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 1】 前記研磨工程において、さらに、前記棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、

前記加工時情報が、取得された前記寸法値に関するデータを含むようにしたことを特徴とする請求項 5 ないし請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 2】 外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための方法であって、

少なくとも前記感磁層を、所定の基体上に選択的に形成する成膜工程と、

前記基体を切断して、それぞれが少なくとも前記感磁層を含む複数の棒状片を形成する切断工程と、

前記棒状片に対して研磨加工を行う研磨工程とを含み、

前記研磨工程において、

加工中の前記棒状片に関する情報を加工時情報として取得し、

得られた加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第 2 の値を求め、

前記研磨工程において、前記第 2 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 3】 前記研磨工程において、加工中の前記棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、

前記加工時情報が、取得された前記寸法値に関するデータを含むようにしたことを特徴とする請求項 1 2 に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 4】 前記成膜工程において、さらに、前記基体上にダミーとしての少なくとも 1 つの抵抗膜パターンを形成し、

前記研磨工程において、前記抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、

前記加工時情報が、さらに、前記抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含

むようにした

ことを特徴とする請求項 1 2 または請求項 1 3 に記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 5】 外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための装置であって、

所定の基体、またはその上に選択的に形成された少なくとも感磁層を含む構造物、の少なくとも一方に関する情報を、研磨加工前の基体情報として取得する基体情報取得手段と、

前記基体を切断して得られた、それぞれが少なくとも前記感磁層を含む複数の棒状片に対して、研磨加工を行う研磨手段と、

前記基体情報を利用して、前記棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、前記研磨手段の制御を行う研磨制御手段と

を備えたことを特徴とする磁気変換素子の製造装置。

【請求項 1 6】 前記研磨制御手段は、

前記基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第 1 の値を求め、この第 1 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 1 7】 前記基体情報取得手段が、前記基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記感磁層の密集抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも 1 つを取得し、

前記基体情報が、得られた前記感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記仮想抵抗値の少なくとも 1 つに関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 1 8】 前記基体情報取得手段は、前記感磁層と電氣的に接続されるように形成された引き出し用導電膜、またはダミーとして形成された抵抗膜

パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、

前記基体情報が、得られた前記引き出し用導電膜の抵抗値または前記抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 1 5 ないし請求項 1 7 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 1 9】 さらに、

加工中の前記棒状片に関する情報を加工時情報として取得する加工時情報取得手段を備え、

前記研磨制御手段は、前記基体情報に加えて、さらに、前記加工時情報をも利用して、前記棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項 1 5 記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 0】 前記研磨制御手段は、

前記基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第 1 の値を求め、この第 1 の値と前記加工時情報とを用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項 1 9 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 1】 前記研磨制御手段は、さらに、前記加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記推定抵抗値の一部をなす第 2 の値を求め、前記第 1 の値および第 2 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 2】 前記基体情報取得手段は、前記基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または前記感磁層の密集抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも 1 つを取得し、

前記基体情報が、得られた前記感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または

前記仮想抵抗値の少なくとも1つに関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項19ないし請求項21のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項23】 前記基体情報取得手段は、前記感磁層と電氣的に接続されるように形成された引き出し用導電膜、またはダミーとして形成された抵抗膜パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、

前記基体情報が、得られた前記引き出し用導電膜の抵抗値または前記抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項19ないし請求項22のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項24】 前記研磨制御手段は、さらに、前記棒状片における前記抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、

前記加工時情報が、さらに、得られた前記抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項23に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項25】 前記研磨制御手段は、さらに、前記棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、

前記加工時情報が、取得された前記寸法値に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項19ないし請求項24のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項26】 外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための装置であって、

少なくとも感磁層が選択的に形成された基体を切断して、それぞれが少なくとも前記感磁層を含む複数の棒状片を形成する切断手段と、

前記棒状片に対して研磨加工を行う研磨手段と、

加工中の前記棒状片に関する情報を加工時情報として取得する加工時情報取得手段と、

得られた加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、前記感磁層が有するであろう推定抵抗値

の一部をなす第 2 の値を求め、この第 2 の値を用いて前記推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が前記目標抵抗値となるように、前記棒状片に対する研磨加工の制御を行う

ことを特徴とする磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 7】 前記研磨制御手段は、加工中の前記棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、

前記加工時情報が、取得された前記寸法値に関するデータを含むようにしたことを特徴とする請求項 2 6 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 8】 前記研磨制御手段は、前記基体上にダミーとして形成された少なくとも 1 つの前記抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、

前記加工時情報が、さらに、前記抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含むようにした

ことを特徴とする請求項 2 6 または請求項 2 7 に記載の磁気変換素子の製造装置。

【請求項 2 9】 情報再生用の磁気変換素子として、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を備えた磁気ヘッドを製造するための方法であって、

請求項 1 ないし請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の製造方法によって、前記複数の磁気変換素子を含む、研磨された状態の前記棒状片を形成する工程と、

前記棒状片を切断して、それぞれが少なくとも 1 つのを含む複数のヘッドスライダを形成する工程と

を含むことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 0】 情報再生用の磁気変換素子として、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を備えた磁気ヘッドを製造するための装置であって、

請求項 1 5 ないし請求項 2 8 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造装置と、

前記磁気変換素子の製造装置により形成された、研磨された状態の前記棒状片を切断して、それぞれが少なくとも 1 つの磁気変換素子を含む複数のヘッドスラ

イダを形成する切断装置と

を備えたことを特徴とする磁気ヘッドの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する特性を有する磁気変換素子の製造方法および装置、ならびに磁気変換素子を有する磁気ヘッドの製造方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗効果（以下、MR (Magnetoresistive) と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】

MR素子は、外部磁界に応じて電気抵抗が変化するMR膜を利用したもので、異方性磁気抵抗効果（AMR ; Anisotropic Magnetoresistive)を用いたAMR素子や、巨大磁気抵抗（GMR ; Giant Magnetoresistive)効果を用いたGMR素子等がある。AMR素子を用いた再生ヘッドはAMRヘッドあるいは単にMRヘッドと呼ばれ、GMR素子を用いた再生ヘッドはGMRヘッドと呼ばれる。AMRヘッドは、面記録密度が1ギガビット／（インチ）²を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が3ギガビット／（インチ）²を超える再生ヘッドとして利用されている。

【0004】

再生ヘッドの性能を向上させる方法としては、MR膜のパターン幅、特に、MRハイトを適切化する方法等がある。このMRハイトとは、MR素子のエアベアリング面(Air Bearing Surface)側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいい、エアベアリング面の加工の際の研磨量によって制御されるものである。

なお、ここにいうエアベアリング面は、薄膜磁気ヘッドの、磁気記録媒体（ディスク媒体）と対向する面であり、トラック面とも呼ばれる。

【0005】

この種の薄膜磁気ヘッドは、例えば特開平 11-863 号公報で提案されているように、次のような工程により製造されるようになっている。

【0006】

まず、所定の例えばセラミクス材料からなるウェハ（基体）に、フォトリソグラフィ法等を用いた薄膜工程によって、MR 素子を用いた再生ヘッド部および磁気誘導型の記録ヘッド部を含むヘッドコア部や、ダミーセンサ等の薄膜構造体を多数個（多数組）作り込む。ここで、ダミーセンサは、MR 素子の寸法や性能を管理するためにモニタリング用として用いられるものである。

【0007】

続いて、そのウェハを、ダイシング・ソー等を用いて切断して、それぞれが複数個（複数組）のヘッドコア部およびダミーセンサを含む複数の短冊状のバーを形成する。

【0008】

次に、こうして得られた複数のバーを研磨装置等にセットして、その切断面（最終的にエアベアリング面となる面）を研磨加工し、MR 素子の MR ハイトが所定の目標寸法に達したところで研磨を停止する。ここで、「所定の目標寸法」とは、一般に、再生ヘッドに要求される電磁気的性能を発揮し得る寸法として予め定められた目標値である。

【0009】

また、例えば特開平 2-95572 号公報では、MR ハイトを計測しながらバー一切断面の研磨加工停止タイミングを制御するのではなく、そのバーに形成されている複数の MR 素子の抵抗値を直接計測し、それらの平均値を計算して、その平均値が所定の範囲内の値になった時点でバーの研磨加工を停止するという方法が提案されている。なお、研磨加工の済んだバーをさらに切断することにより、個々のヘッドスライダとなる。

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、MRハイトの機械的寸法値が目標値となるまで研磨加工を制御するという方法では、所定の電磁氣的性能を備えたMR素子を得ることを意図して製造しているにも関わらず、MR素子の電磁氣的特性を計測すると、所定の許容範囲を外れたばらつきや誤差が生じている場合が多い。また、最終的に得られた多数の薄膜磁気ヘッドにおけるMR素子の電磁氣的特性を計測し、その平均値を取ると、所定の許容範囲を外れたものとなっている場合もある。これは、ウェハにMR膜を形成する際に、フォトリソグラフィ工程や成膜工程における各種の条件の変化等が、ウェハ間あるいはウェハ内における位置によって、形成されるMR膜の膜厚やパターン幅にばらつきをもたらすことによるものと考えられる。

【0 0 1 1】

また、各バーの抵抗値を研磨加工中に計測し、その平均値をモニタリングすることによりバーの研磨加工を制御する方法では、理論上、研磨加工中の各バーのMR膜の抵抗値の平均を所定の数値範囲内にすることはできる。ところが、MR膜の抵抗値が許容範囲内に入ったとしても、MRハイトが許容範囲内にあることを保障することはできない。なお、MR膜の抵抗値のみならず、MRハイトについても規定がなされているのは、MRハイトがあまりに小さくなり過ぎると、エレクトロマイグレーション等の現象が生じてMR膜の破損を招くおそれがあるからである。

【0 0 1 2】

このように、従来は、最終的に得られた薄膜磁気ヘッドのMR素子の抵抗値や寸法（MRハイト）にばらつきが生じ、要求される仕様を満たさないものが製造されてしまうという問題があった。

【0 0 1 3】

本発明は、かかる問題点に鑑みて成されたもので、その目的は、最終的に得られるMR素子の電磁氣的特性におけるばらつきや分布中心の変動を抑制し、所定の磁氣的再生仕様を満たすことを可能とする磁気変換素子の製造方法および装置、ならびに磁気ヘッドの製造方法および装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法は、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための方法であって、少なくとも感磁層を、所定の基体上に選択的に形成する成膜工程と、基体またはその上に形成された少なくとも感磁層を含む構造体、の少なくとも一方に関する情報を、研磨加工前の基体情報として取得する基体情報取得工程と、基体を切断して、それぞれが少なくとも感磁層を含む複数の棒状片を形成する切断工程と、棒状片に対して研磨加工を行う研磨工程とを含み、研磨工程において、基体情報を利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにしたものである。

【0015】

この磁気変換素子の製造方法では、基体から、それぞれが少なくとも感磁層を含む複数の棒状片が切り出され、各棒状片に対して研磨加工が行われる。そして、この研磨工程において、基体情報を利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように棒状片に対する研磨加工制御が行われる。ここで、「基体情報」とは、研磨加工が開始される前の段階における基体自体またはその上の構造体に関するすべての情報を含むものである。「研磨加工が開始される前の段階」とは、切断工程の前の段階のみならず、切断工程の後、研磨工程の前の段階をも含む趣旨である。基体情報には、例えば、基体自体の識別情報、基体から切り出された棒状片の識別情報、および基体上に形成された各種の膜に関する情報等が含まれる。

【0016】

また、本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法では、さらに、基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第1の値を求める工程を含むように構成し、研磨工程において、第1の値を用いて推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにしてもよい。

【0017】

この磁気変換素子の製造方法では、基体情報と統計的処理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により、感磁層の推定抵抗値の一部をなす第1の値が得られ、この第1の値を用いて推定抵抗値が求められる。そして、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片に対する研磨加工が制御される。

【0018】

また、本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法では、基体情報取得工程において、基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または感磁層の密集抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも1つを取得し、基体情報が、得られた感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または仮想抵抗値の少なくとも1つに関するデータを含むようにしてもよい。

【0019】

また、本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法では、成膜工程において、さらに、感磁層と電氣的に接続される引き出し用導電膜、またはダミーとしての少なくとも1つの抵抗膜パターンの少なくとも一方を形成し、基体情報取得工程において、基体上に作り込まれた状態の引き出し用導電膜または抵抗膜パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、基体情報が、得られた引き出し用導電膜の抵抗値または抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにしてもよい。

【0020】

本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法は、第1の観点に加えて、研磨工程において、さらに、加工中の棒状片に関する情報を加工時情報として取得し、基体情報に加えてさらに、加工時情報をも利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにしたものである。

【0021】

この磁気変換素子の製造方法では、研磨加工中の棒状片に関する加工時情報が取得され、この加工時情報と基体情報とを利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、棒状片に対する研磨加工制御が行

われる。ここで、「加工時情報」とは、加工中の棒状片自体、およびその加工中の棒状片の上に形成されている構造体に関するすべての情報を含むものである。

【0022】

本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法では、さらに、基体情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第1の値を求める工程を含むように構成し、研磨工程において、第1の値と加工時情報とを用いて推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにしてもよい。

【0023】

この磁気変換素子の製造方法では、基体情報と統計的処理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により、感磁層の推定抵抗値の一部をなす第1の値が得られ、この第1の値と加工時情報とを用いて推定抵抗値が求められる。そして、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片に対する研磨加工が制御される。

【0024】

この場合、さらに、加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、推定抵抗値の一部をなす第2の値を求め、研磨工程において、第1の値および第2の値を用いて推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにすることも可能である。

【0025】

この磁気変換素子の製造方法では、加工時情報と統計的処理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により、感磁層の推定抵抗値の一部をなす第2の値が得られ、第1の値および第2の値を用いて推定抵抗値が求められる。そして、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片に対する研磨加工が制御される。

【0026】

また、本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法では、さらに、基体情報取得工程において、基体上に作り込まれた状態の、感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または感磁層の密集抵抗成分をも含んだ仮想抵抗値の少なくとも

1つを取得し、基体情報が、得られた感磁層の抵抗値もしくはシート抵抗値、または仮想抵抗値の少なくとも1つに関するデータを含むようにしてもよい。

【0027】

また、本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法では、成膜工程において、さらに、感磁層と電氣的に接続される引き出し用導電膜、またはダミーとしての少なくとも1つの抵抗膜パターンの少なくとも一方を形成し、基体情報取得工程において、基体上に作り込まれた状態の引き出し用導電膜または抵抗膜パターンの少なくとも一方の抵抗値を取得し、基体情報が、得られた引き出し用導電膜の抵抗値または抵抗膜パターンの抵抗値の少なくとも一方に関するデータを含むようにしてもよい。

【0028】

この場合、研磨工程において、さらに、棒状片における抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、加工時情報が、さらに、得られた抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含むようにすることも可能である。

【0029】

また、本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法では、研磨工程において、さらに、棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、加工時情報が、取得された寸法値に関するデータを含むようにしてもよい。

【0030】

本発明の第3の観点による磁気変換素子の製造方法は、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための方法であって、少なくとも感磁層を、所定の基体上に選択的に形成する成膜工程と、基体を切断して、それぞれが少なくとも感磁層を含む複数の棒状片を形成する切断工程と、棒状片に対して研磨加工を行う研磨工程とを含み、研磨工程において、加工中の棒状片に関する情報を加工時情報として取得し、得られた加工時情報に対して、予め統計的処理がなされた値を重み係数として用いる所定の演算を行なうことにより、感磁層が有するであろう推定抵抗値の一部をなす第2の値を求め、研磨工程において、第2の値を用いて推定抵抗値を求めると共に、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように、棒状片に対する研磨加工の制御を行うようにしたものであ

る。

【0031】

この磁気変換素子の製造方法では、基体から、それぞれが少なくとも感磁層を含む複数の棒状片が切り出され、各棒状片に対して研磨加工が行われる。この研磨工程において、加工中の棒状片に関する加工時情報が得られ、得られた加工時情報と統計的处理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により第2の値が求められる。そして、この第2の値を用いて推定抵抗値が求められ、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片の研磨加工制御が行われる。

【0032】

本発明の第3の観点による磁気変換素子の製造方法では、さらに、研磨工程において、加工中の棒状片における感磁層の所定部分の寸法値を取得し、加工時情報が、取得された寸法値に関するデータを含むようにしてもよい。

【0033】

また、本発明の第3の観点による磁気変換素子の製造方法では、成膜工程において、さらに、基体上にダミーとしての少なくとも1つの抵抗膜パターンを形成し、研磨工程において、抵抗膜パターンの抵抗値を取得し、加工時情報が、さらに、抵抗膜パターンの抵抗値に関するデータを含むようにしてもよい。

【0034】

本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造装置は、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を製造するための装置であって、所定の基体、またはその上に選択的に形成された少なくとも感磁層を含む構造体、の少なくとも一方に関する情報を、研磨加工前の基体情報として取得する基体情報取得手段と、基体を切断して得られた、それぞれが少なくとも感磁層を含む複数の棒状片に対して、研磨加工を行う研磨手段と、基体情報を利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように、研磨手段の制御を行う研磨制御手段とを備えたものである。

【0035】

本発明に係る磁気ヘッドの製造方法は、情報再生用の磁気変換素子として、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を備えた磁気ヘ

ッドを製造するための方法であって、本発明の第1ないし第3の観点による磁気変換素子の製造方法によって、複数の磁気変換素子を含む、研磨された状態の棒状片を形成する工程と、棒状片を切断して、それぞれが少なくとも1つの磁気変換素子を含む複数のヘッドスライダを形成する工程とを含むものである。

【0036】

本発明に係る磁気ヘッドの製造装置は、情報再生用の磁気変換素子として、外部磁界に応じて電気抵抗が変化する感磁層を有する磁気変換素子を備えた磁気ヘッドを製造するための装置であって、本発明の第1ないし第3の観点による磁気変換素子の製造装置と、磁気変換素子の製造装置により形成された、研磨された状態の棒状片を切断して、それぞれが少なくとも1つの磁気変換素子を含む複数のヘッドスライダを形成する切断装置とを備えたものである。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0038】

[薄膜磁気ヘッドの一構造例]

本発明の一実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法を説明するに当たり、まず、その対象となる薄膜磁気ヘッドの構造を説明する。

【0039】

図10は薄膜磁気ヘッドの断面構成を表すものであり、図11は図10に示した薄膜磁気ヘッドの平面構造を表すものである。なお、図10において、(a)はエアベアリング面(図示せず)に垂直なA-A'線断面(図11)を表しており、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行なB-B'線断面(図11)を表している。

【0040】

この薄膜磁気ヘッドは、ウェハ(基体)としての基板101の一面(図10において上)に、絶縁膜102を介して読み出し用の再生ヘッド110と書き込み用の記録ヘッド120とが積層された構造の複合型薄膜磁気ヘッドである。再生ヘッド110はMR素子を有するものであり、記録ヘッド120は誘導型磁気

変換素子を有するものである。基板 101 は、例えば、酸化アルミニウムと炭化チタン (TiC) とを含む複合材料であるアルティック等により構成されており、その厚さは、例えば $2000\ \mu\text{m}$ 程度である。絶縁膜 102 は、例えば、積層方向の厚さ (以下、厚さと記す。) が約 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ であり、酸化アルミニウムなどの絶縁材料により構成されている。基板 101 としては、例えば 3 インチ程度のウェハが使用される。

【0041】

再生ヘッド 110 は、第 1 のシールド膜 111、第 1 のシールドギャップ膜 112、MR 膜 113、第 2 のシールドギャップ膜 114 および第 2 のシールド膜 115 が絶縁膜 102 の側から順に積層された構造を有している。

【0042】

第 1 のシールド膜 111 および第 2 のシールド膜 115 は、MR 膜 113 を磁氣的にシールド (遮蔽) するためのものであり、MR 膜 113 を挟んで互いに対向するように配置されている。第 1 のシールド膜 111 は、例えば、厚さが約 $0.5\sim 3\ \mu\text{m}$ であり、ニッケル (Ni) と鉄 (Fe) との合金 (NiFe 合金) などの磁性材料により構成されている。第 2 のシールド膜 115 は、例えば、厚さが約 $3\ \mu\text{m}$ であり、NiFe 合金あるいは窒化鉄 (FeN) などの磁性材料により構成されている。第 2 のシールド膜 115 は、記録ヘッド 120 における第 1 の磁極としての機能も兼ね備えている。第 1 のシールドギャップ膜 112 および第 2 のシールドギャップ膜 114 は、第 1 のシールド膜 111 および第 2 のシールド膜 115 と MR 膜 113 とを電氣的に絶縁するための絶縁膜である。

【0043】

MR 膜 113 は、図示しない磁気記録媒体に書かれた情報を読み取るためのものであり、エアベアリング面 103 の側に配置されている。MR 膜 113 は、例えば、AMR 効果を示す AMR 膜や GMR 効果を示す GMR 膜等により構成される。この AMR 膜は、例えば NiFe (パーマロイ) 等の MR 効果を示す磁性体よりなる単層構造を有している。また、GMR 素子は、GMR 効果を有する GMR 膜を備えたものである。この GMR 膜としては、例えば多層型 (アンチフェロ型)、誘導フェリ型、グラニューラ型、TMR (トンネル効果 MR) 型、スピンバ

ルブ型等がある。これらの中で、比較的構成が単純で、弱い磁場でも大きな抵抗変化を示し、量産に好ましいと考えられるGMR膜は、スピバルブ型である。

【0044】

MR膜113のエアベアリング面103の側の端部から反対側の端部までの長さは、MRハイトと呼ばれる。このMRハイトは、再生出力を決定する一要因であり、短いほうが再生出力が高くなるが、短すぎるとMR膜113の電気抵抗が大きくなるために、温度上昇により逆に再生出力が低くなると共に、MR膜113の寿命も短くなってしまうという特性を有している。よって、MRハイトは温度上昇による悪影響を受けない程度に短い長さにするのが好ましい。MR膜113の厚さは例えば数十nmであり、エアベアリング面103に対して平行な方向（以下、適宜、トラック幅方向ともいう。）の長さは、第1のシールド膜111、第1のシールドギャップ膜112、第2のシールドギャップ膜114および第2のシールド膜115に比べて短くなっている。

【0045】

このMR膜113には、トラック幅方向においてMR膜113を挟んで対向するように配置された一对の第1リード層116が電氣的にそれぞれ接続されている。これら各第1リード層116は、MR膜113と同様に、第1のシールドギャップ膜112と第2のシールドギャップ膜114との間にそれぞれ形成されている。各第1リード層116は、例えば、厚さが約数十～数百nmであり、永久磁石膜と導電膜とが積層された構造をそれぞれ有している。なお、永久磁石膜は、本来、バイアス印加膜として機能するものであるが、ここでは、第1リード層116の一部として扱うものとする。この永久磁石膜は、例えば、コバルト（Co）と白金（Pt）との合金（CoPt合金）により構成され、導電膜は、例えば、タンタル（Ta）により構成されている。

【0046】

各第1リード層116には、エアベアリング面103と反対側において、各第2リード層117がそれぞれ電氣的に接続されている（図11参照）。これら各第2リード層117は、各第1リード層116からエアベアリング面103と反対側に向かってそれぞれ延長されており、各第1リード層116と同様に、第1

のシールドギャップ膜 112 と第 2 のシールドギャップ膜 114 との間にそれぞれ形成されている。各第 2 リード層 117 は、例えば、銅 (Cu) により構成されている。

【0047】

記録ヘッド 120 は、記録ギャップ 121、フォトレジスト 122、薄膜コイル 123、フォトレジスト 124、薄膜コイル 125、フォトレジスト 126 および第 2 の磁極 127 が第 2 のシールド膜 115 の側から順に積層された構造を有している。記録ギャップ 121 は、例えば、厚さが約 $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ であり、酸化アルミニウムなどの絶縁材料により構成されている。この記録ギャップ 121 は、薄膜コイル 123、125 の中心部付近に開口 121a を有しており、第 2 のシールド膜 115 と第 2 の磁極 127 とを接触させてそれらを磁氣的に連結させるようになっている。

【0048】

フォトレジスト 122 はスロートハイト TH (Throat Height) を決定するものであり、その厚さは例えば約 $1.0 \sim 5.0 \mu\text{m}$ となっている。ここで、スロートハイトは、フォトレジスト 122 のエアベアリング面 103 の側の端部からエアベアリング面 103 までの長さであり、記録ヘッドの記録特性を左右するものである。フォトレジスト 122 は、エアベアリング面 103 との間に若干の間隔を開けて配置されており、エアベアリング面 103 の近傍においては第 2 の磁極 127 が記録ギャップ 121 に接触するようになっている。また、フォトレジスト 122 は、記録ギャップ 121 の開口 121a に対応する位置に同様の開口 122a を有しており、第 2 のシールド膜 115 と第 2 の磁極 127 とを接触させるようになっている。薄膜コイル 123、125 は、例えば、厚さが約 $3 \mu\text{m}$ であり、フォトレジスト 122 に対応する位置にそれぞれ配置されている。フォトレジスト 124、126 は、薄膜コイル 123、125 の絶縁性を確保するためのものであり、薄膜コイル 123、125 に対応する位置にそれぞれ形成されている。

【0049】

第 2 の磁極 127 は、例えば、厚さが約 $3 \mu\text{m}$ であり、NiFe 合金あるいは

窒化鉄などの磁性材料により構成されている。第2の磁極127は、エアベアリング面103から薄膜コイル123、125の中心部近傍まで延長されており、エアベアリング面103の近傍においては記録ギャップ121と接触している。また、薄膜コイル123、125の中心部近傍においては第2のシールド膜115と接触しており、第2のシールド膜115と磁氣的に連結している。

【0050】

エアベアリング面103における第2の磁極127、記録ギャップ121および第2のシールド膜115のうち記録ギャップ121と接触している部分の各位置は、一列に整っており、いわゆるトリム (Trim) 構造となっている。この構造は、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止するのに有効である。

【0051】

なお、記録ヘッド120の再生ヘッド110と反対側 (図10においては上) には、全面を覆うようにオーバーコート104が形成されている。オーバーコート104は、例えば、厚さが20~30 μ mであり、酸化アルミニウムなどの絶縁材料により構成されている。ちなみに、図11ではオーバーコート104を省略して表している。

【0052】

このような構造の薄膜磁気ヘッドは、次のように作用する。すなわち、記録ヘッド120の薄膜コイル123、125に電流を流すことにより、書き込み用の磁束を発生させ、図示しない磁気記録媒体に情報を記録する。また、再生ヘッド110のMR膜113にセンス電流を流し、図示しない磁気記録媒体からの信号磁界を検出することにより、図示しない磁気記録媒体に記録されている情報を読み出す。

【0053】

次に、本発明の一実施の形態に係る磁気ヘッドの製造装置および製造方法について説明する。なお、本発明の一実施の形態に係る磁気抵抗効果素子の製造方法および製造方法は、本実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法および製造装置によって具現化されるので、以下、併せて説明する。

【0054】

[磁気ヘッドの製造装置の構成]

図1は、本発明の一実施の形態に係る磁気ヘッドの製造装置の主として正面外観構成を表し、図2は図1に示した磁気ヘッドの製造装置における主として制御回路の概略構成を表すものである。本実施の形態に係る磁気ヘッドの製造装置は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用のMR素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドのコア部が複数形成されたウェハを切断して形成されたバーの切断面に対して研磨加工を施すためのものである。

【0055】

図1および図2に示したように、この製造装置は、ウェハ14から例えば図6に示したようなパターンで切り出されたバー1を保持する治工具2と、治工具2に付与されているバーコード3を読み取るバーコードリーダ4と、バー1に含まれるRLG (Resistance Lapping Guide) センサ (図1, 図2では図示せず、図7参照) の抵抗値を計測するためのRLGセンサ抵抗計測器6と、バー1に含まれるM (Magnetic) センサ59 (図7) の抵抗値を計測するためのMセンサ抵抗計測器7と、バー1に研磨加工を施すRLG加工機8とを備えている。なお、図1では、RLGセンサ抵抗計測器6およびMセンサ抵抗計測器7の図示を省略している。また、RLGセンサおよびMセンサについては、後述する。ここで、バー1が本発明における「棒状片」の一具体例に対応する。

【0056】

この製造装置はまた、バー1に対する研磨加工を制御するためのコンピュータ9と、そのコンピュータ9が所定の演算を実行する際に参照される記憶装置13 (図1では図示せず) とを備えている。記憶装置13は、後述するウェハ情報を格納するためのウェハ情報格納部10と、後述するS値を格納するためのS値格納部11と、後述する所定の演算係数をテーブル形式で格納する演算係数テーブル12とを備えている。

【0057】

治工具2は、ウェハ14を短冊状に切断したバー1をその上面に保持するため

のもので、例えば白地のセラミック材料等で形成されている。治工具 2 の側面には、それが保持しているバー 1 を識別するためのバー番号が黒色系統のバーコード 3 として付与されている。ウェハ 1 4 から切断された各バー 1 は、ウェハ 1 4 およびウェハ 1 4 における切り出し位置に対応したバー番号を有する治工具 2 により保持される。バーコードリーダ 4 は、治工具 2 のバーコード 3 を読み取ることにより、その治工具 2 が保持しているバー 1 を識別できるようになっている。なお、バーコード 3 は、治工具 2 に付される代りに、例えば、各バー 1 における、研磨面とは反対の裏面等に付されるようにしてもよい。

【 0 0 5 8 】

R L G 抵抗計測器 6 は、図 7 に示した R L G センサ 5 4, 5 5, 5 6, … の抵抗値を計測するためのものである。これらの R L G センサ 5 4, 5 5, 5 6, … は、研磨加工時における研磨の停止時点を決定するための指標の 1 つとして用いられる、いわばダミーとしての抵抗膜パターンであり、MR 素子を構成するものではない。

【 0 0 5 9 】

M センサ抵抗計測器 7 は、図 7 に示した M センサ 5 9 の抵抗値を計測するためのものである。この M センサ 5 9 は、製造対象の MR 素子と同じ寸法に形成されたダミーの MR 膜である。この M センサ 5 9 は、R L G センサ 5 4, 5 5, 5 6 等と同様に、研磨加工停止点を決定するための指標の 1 つとしてのみ用いられるものであって、MR 素子を構成するものではない。

【 0 0 6 0 】

記憶装置 1 3 は、ウェハ情報、S 値および所定の演算係数を記憶するものである。ここで、ウェハ情報とは、ウェハ 1 4 自体に関するデータのほか、ウェハ 1 4 に作り込まれた状態の MR 素子 1 1 3 - 1 ~ 1 1 3 - 3、R L G センサ 5 4, 5 5, 5 6、M センサ 5 9、およびリード導体（第 2 リード層 1 1 7）等の構造物に関するデータを含むものであり、本発明における「基体情報」の一具体例に対応する。これらのデータは、ウェハ 1 4 に作り込まれた状態、あるいはウェハ 1 4 を各バー 1 に切断後研磨加工を開始する前の状態において、計測等により取得され、ウェハ情報格納部 1 0 に記憶されるようになっている。演算係数テーブ

ル 12 は、統計的手法の 1 つである重回帰分析法を用いて予め作成されたもので、S 値を求めるための重み付け演算に用いる係数と、後述する K 値を求めるための重み付け演算に用いる係数とを保持している。S 値は、ウェハ情報と演算係数テーブル 12 の係数とに基づいて演算により求められたデータであり、研磨加工により得られる最終的な MR 抵抗値に影響を与える要因のうち、研磨加工前の状態に係わる部分の推定データである。この S 値が本発明における「第 1 の値」の一具体例に対応する。

【0061】

コンピュータ 9 は、例えばパーソナルコンピュータ等の情報処理装置を用いたものである。このコンピュータ 9 は、記憶装置 13 から読み出される S 値と、演算係数テーブル 12 の係数と、RLG 抵抗計測器 6 および M センサ抵抗計測器 7 によって研磨加工中に所定の時間間隔ごとに計測される各種の計測データとを用いて、後述するような所定の重み付け演算を行ない、K 値を求めるようになっている。この K 値は、研磨加工により得られる最終的な MR 抵抗値に影響を与える要因のうち、研磨加工中の状態に係わる部分の推定値であり、本発明における「第 2 の値」の一具体例に対応する。コンピュータ 9 はまた、S 値および K 値から、各計測時点におけるバー 1 の MR 抵抗値の平均推定値（以下、MR 推定値という。）を算出し、その MR 推定値が所定の値になった時点で研磨を停止させる制御を行うようになっている。なお、MR 推定値の算出方法の詳細は後述する。ここで、MR 推定値が本発明における「推定抵抗値」の一具体例に対応する。

【0062】

RLG 加工機 8 は、バー 1 に研磨加工を施すためのもので、コンピュータ 9 により、バー 1 に対する研磨加工の開始と停止とが制御されるようになっている。

【0063】

[磁気ヘッドの製造方法]

次に、図 3 ないし図 5 を参照して、以上のような構成の製造装置を用いた磁気ヘッドの製造方法について説明する。ここで、図 3 および図 4 は、製造工程の全体を簡略化して表すものであり、図 5 は、主としてコンピュータ 9 の処理内容を表すものである。

【0064】

本施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法では、まず、図3(A)に示したように、薄膜プロセスにより、3インチ程度のウェハ14に、MR素子を備えた読み出し用の再生ヘッドと磁気誘導型の書き込み用の記録ヘッドとを積層してなるヘッドコア部と、RLGセンサとしての導電膜パターンと、Mセンサとしての導電膜パターンとを、それぞれ複数個形成する。ここにいう再生ヘッドのMR素子は、MR膜113、第1リード層116および第2リード層117を含むユニットを意味するものとする。ここで、MR膜113が本発明における「感磁層」の一具体例に対応し、第1リード層116および第2リード層117が本発明における「引き出し用導電膜」の一具体例に対応する。また、少なくとも、MR膜113、第1リード層116および第2リード層117からなるリードパターン、RLGセンサとしての導電膜パターン、ならびにMセンサとしての導電膜パターンが、本発明における「ウェハ上に形成された構造体」の具体例に対応する。

【0065】

(薄膜プロセス)

ここで、ヘッドコア部等を形成する薄膜プロセスを、図10および図11を参照して簡単に説明する。

【0066】

まず、例えば、酸化アルミニウムと炭化チタンとを含む複合材料アルティックよりなる基板101(図3ではウェハ14)の上に、スパッタリング法等により、酸化アルミニウムなどの絶縁材料よりなる絶縁膜102を形成する。次いで、絶縁膜102の上に、例えば、スパッタリング法により、NiFe合金などの磁性材料よりなる第1のシールド膜111を選択的に形成する。

【0067】

続いて、第1のシールド膜111の上に、例えば、スパッタリング法またはイオンビームスパッタリング法により、酸化アルミニウムを含む酸化アルミニウム膜を成膜し、そののち、これを加熱することにより、高絶縁性の第1のシールドギャップ膜112を形成する。

【0068】

次に、第1のシールドギャップ膜112の上に、例えばスパッタリング法により、MR効果膜を形成したのち、その上に、選択的にフォトレジストパターンを形成する。このとき、リフトオフを容易に行うことができるような形状、例えば断面形状がT型のフォトレジストパターンを形成するのが好ましい。そののち、このフォトレジストパターンをマスクとして、例えばイオンミリングによりMR効果膜をエッチングし、所定の平面形状およびサイズを有するMR膜113を形成する。なお、MR膜113の形成と同じ工程において、例えばMR膜と同じ材料を用いて、後にRLGセンサおよびMセンサとして機能することとなるダミーの抵抗膜パターンを選択的に形成する。

【0069】

次に、第1のシールドギャップ膜112の上に、フォトレジストパターンをマスクとして、例えばスパッタリング法により、各第1リード層116をそれぞれ選択的に形成する。各第1リード層116は、例えば、C o P t合金よりなる永久磁石膜とタンタルよりなる導電膜とを積層することによりそれぞれ形成される。

【0070】

次に、フォトレジストパターンをリフトオフする。そののち、ここでは図示しないが、第1のシールドギャップ膜112の上に、例えば、スパッタリング法により、例えば銅よりなる各第2リード層117をそれぞれ選択的に形成する。

【0071】

次に、第1のシールドギャップ膜112、MR膜113、各第1リード層116および各第2リード層117の上に、第1のシールドギャップ膜112と同様にして、第2のシールドギャップ膜114を形成する。そののち、第2のシールドギャップ膜114の上に、例えば、スパッタリング法により、NiFe合金あるいは窒化鉄などの磁性材料よりなる第2のシールド膜115を選択的に形成する。

【0072】

第2のシールド膜115を形成したのち、その上に、例えば、スパッタリング

法により、酸化アルミニウムなどの絶縁材料よりなる記録ギャップ 1 2 1 を形成する。そののち、記録ギャップ 1 2 1 の上に、リソグラフィ技術を用い、フォトレジスト 1 2 2 を選択的に形成する。次いで、フォトレジスト 1 2 2 の上に、例えばメッキあるいはスパッタリング法により、薄膜コイル 1 2 3 を選択的に形成する。続いて、フォトレジスト 1 2 2 および薄膜コイル 1 2 3 の上に、フォトレジスト 1 2 2 と同様にして、フォトレジスト 1 2 4 を選択的に形成し、その上に、薄膜コイル 1 2 3 と同様にして、薄膜コイル 1 2 5 を選択的に形成する。更に、フォトレジスト 1 2 4 および薄膜コイル 1 2 5 の上に、フォトレジスト 1 2 2 と同様にして、フォトレジスト 1 2 6 を選択的に形成する。

【0073】

フォトレジスト 1 2 6 を形成したのち、記録ギャップ 1 2 1 を部分的にエッチングし、薄膜コイル 1 2 3, 1 2 5 の中心部近傍に開口 1 2 1 a を形成する。そののち、記録ギャップ 1 2 1、フォトレジスト 1 2 2, 1 2 4, 1 2 6 の上に、例えば、スパッタリング法により、NiFe 合金あるいは窒化鉄などの磁性材料よりなる第 2 の磁極 1 2 7 を選択的に形成する。

【0074】

次に、第 2 の磁極 1 2 7 をマスクとして、例えば、イオンミリングにより、記録ギャップ 1 2 1 および第 2 のシールド膜 1 1 5 の一部をエッチングする。そののち、第 2 の磁極 1 2 7 の上に、例えば、スパッタリング法により、酸化アルミニウムよりなるオーバーコート 1 0 4 を形成する。

【0075】

このようにして、図 3 (A) に示したように、ウェハ 1 4 上に、MR 素子を用いた再生ヘッドと磁気誘導型の記録ヘッドとを含む薄膜磁気ヘッドコア部、RLG センサおよび M センサが多数形成される。なお、RLG センサおよび M センサのバー内配置については後出の図 7 において詳述する。

【0076】

本実施の形態では、上記した薄膜プロセスにおいて、MR 膜 1 1 3、ならびに RLG センサおよび M センサとしての抵抗膜パターン等が形成された直後に、それらの膜の上に、図示しない計測装置のプローブを当接させて、それらの各々の

膜の抵抗値やシート抵抗等を計測しておく。また、第 1 リード層 1 1 6 および第 2 リード層 1 1 7 が形成された直後において、これらの第 1 リード層 1 1 6 および第 2 リード層 1 1 7 を含むリードパターンに計測装置のプロブを当接させて、このリードパターンの抵抗値等を計測しておく。これらの計測により得られるウェハ情報の詳細については、後述する。

【 0 0 7 7 】

ここで、ウェハ 1 4 における MR 膜 1 1 3、RLG センサおよび M センサの配置について説明する。

【 0 0 7 8 】

図 7 は、ウェハ 1 4 から切り出された 1 つのバー 1 における、MR 膜 1 1 3、RLG センサおよび M センサの平面配置パターンと、それぞれの平面形状とを表すものである。なお、ウェハ 1 4 からバー 1 を切り出す前においては、ウェハ 1 4 は、図 5 に示した配置パターンの組を複数組含んでいる。なお、この図では、ヘッドコア部のうち MR 膜 1 1 3 のみを示し、第 1 リード層 1 1 6、第 2 リード層 1 1 7 やその他の膜は図示を省略している。

【 0 0 7 9 】

図 7 に示したように、1 つのバー 1 上には、複数の MR 膜 1 1 3 - 1、1 1 3 - 2、1 1 3 - 3 … が、バー 1 の長手方向に沿って配列されている。MR 膜 1 1 3 - 1、1 1 3 - 2、1 1 3 - 3、… の相互間には、第 1 の RLG センサ 5 4、第 2 の RLG センサ 5 5、第 3 の RLG センサ 5 6、M センサ 5 9 等が、それぞれ配置されている。

【 0 0 8 0 】

RLG センサ 5 4、5 5、5 6 および M センサ 5 9 のパターンは、互いに異なる寸法に形成されており、これらの組が 1 つのバー 1 に複数個（複数組）形成されている。MR 素子 1 1 3 - 1、1 1 3 - 2、1 1 3 - 3、… および各 RLG センサ 5 4、5 5、5 6 の、切断面 1 a とは反対側の各端縁は、切断面 1 a に対して平行な 1 つの仮想直線 5 7 に一致するようになっている。ここで、切断面 1 a は、RLG 加工機 8 によって研磨されることにより最終的にエアベアリング面となる面である。

【0081】

本実施の形態では、第1のRLGセンサ54は、幅W1が $20\mu\text{m}$ で高さH1が $20\mu\text{m}$ 、第2のRLGセンサ55は、幅W2が $20\mu\text{m}$ で高さH2が $10\mu\text{m}$ 、第3のRLGセンサ56は、幅W3が $30\mu\text{m}$ で高さH3が $10\mu\text{m}$ 、Mセンサ59は、幅W4が $1.0\mu\text{m}$ で高さH4が $5.5\mu\text{m}$ となっている。

【0082】

さて、コンピュータ9は、切断前のウェハ14の計測により得られた計測値を記憶装置13に研磨加工前のウェハ情報として書き込む。より具体的には、まず、ウェハ14にMR素子113-1～113-3、RLGセンサ54、55、56、およびリードパターン（第1リード層116および第2リード層117）等が作り込まれた状態で、図示しない計測装置のプローブをウェハ14の各該当部分に接触させて、図8に示したような種々のウェハ情報を計測し、得られたウェハ情報をコンピュータ9が記憶装置13に記憶させる。

【0083】

コンピュータ9はまた、それらのウェハ情報を用いて次の(1)式からS値を算出する。

【0084】

$$S\text{値} = C_0 + \sum (C_i \times S_i) \cdots (1)$$

【0085】

ここで、 $i = 1 \sim 17$ である。 S_i は、後述する図8の変数一覧に示したウェハ情報であり、 C_i は、後述する図9の係数一覧に示した重み付け係数である。ここで、図8は、ウェハに対する薄膜プロセスにおいて（あるいは研磨開始前に）計測されるウェハ情報の種類と後述する加工段階で計測される加工時情報の種類とを変数名と共に表すものである。また、図9は、各変数（各種のウェハ情報および加工時情報）について、予め経験的事実に基づく統計的手法により求められた係数値の一例を表すものである。そのような統計的手法としては、例えば重回帰分析法が使用可能である。なお、図9では、各変数ごとの分散比をも表示している。

【0086】

ここで、図8に示した各ウェハ情報について詳細に説明する。なお、ここでは、ウェハ情報についてのみ説明し、加工時情報については後述する。

【0087】

[1] バー番号 (ROWNO) :

ウェハ14から切り出されたバー1の固有番号であり、切り出されたウェハ14を特定可能な識別番号と、そのウェハ14内での位置を特定可能な識別番号とを含んでいる。

【0088】

[2] 集積時Mセンサ抵抗のバー平均 (IMAVG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたMセンサの、1つのバー内での平均値である。

【0089】

[3] 集積時Mセンサ抵抗のバー内レンジ (IMRNG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたMセンサの抵抗値の、1つのバー内での分布幅 (最大値と最小値との差) である。

【0090】

[4] 集積時RLGセンサ (R1) 抵抗のバー平均 (R1AVG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたRLGセンサ54 (R1) の抵抗値の、1つのバー内での平均値である。

【0091】

[5] 集積時RLGセンサ (R1) 抵抗のバー内標準偏差 (R1STD) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたRLGセンサ54 (R1) の抵抗値の、1つのバー内での標準偏差の値である。

【0092】

[6] 集積時RLGセンサ (R2) 抵抗のバー平均 (R2AVG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたRLGセンサ55 (R2) の抵抗値の、1つのバー内での平均値である。

【 0 0 9 3 】

[7] 集積時 R L G センサ (R 2) 抵抗のバー内標準偏差 (R 2 S T D) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測された R L G センサ 5 5 (R 2) の抵抗値の、 1 つのバー内での標準偏差の値である。

【 0 0 9 4 】

[8] 集積時 R L G センサ (R 3) 抵抗のバー平均 (R 3 A V G) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測された R L G センサ 5 6 (R 3) の抵抗値の、 1 つのバー内での平均値である。

【 0 0 9 5 】

[9] 集積時 R L G センサ (R 3) 抵抗のバー内標準偏差 (R 3 S T D) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測された R L G センサ 5 6 (R 3) の抵抗値の、 1 つのバー内での標準偏差の値である。

【 0 0 9 6 】

[1 0] 集積時 M R 膜抵抗のバー平均 (I M R R A V G) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測された M R 膜 1 1 3 の抵抗値の、 1 つのバー内での平均値である。

【 0 0 9 7 】

[1 1] 集積時 M R 膜抵抗のバー内標準偏差 (I M R R S T D) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測された M R 膜 1 1 3 の抵抗値の、 1 つのバー内での標準偏差である。

【 0 0 9 8 】

[1 2] 集積時リード抵抗のバー平均 (L D R A V G) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたリードパターンの抵抗値の、 1 つのバー内での平均値である。

【 0 0 9 9 】

[1 3] 集積時リード抵抗のバー内標準偏差 (L D R S T D) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたリードパターンの抵抗値の、 1 つのバー内での標準偏差である。

【0100】

〔14〕集積時シート抵抗バー平均 (Sheet RAVG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたMR膜113のシート抵抗の、1つのバー内での平均値である。

【0101】

〔15〕集積時シート抵抗バー内標準偏差 (Sheet RSTD) :

集積時 (薄膜プロセス中) において計測されたMR膜113のシート抵抗の、1つのバー内での標準偏差である。

【0102】

〔16〕集積時仮想抵抗バー平均 (SVRAVG) :

集積時 (薄膜プロセス中) において演算されたMR膜113の仮想抵抗の、1つのバー内での平均値である。

【0103】

〔17〕集積時仮想抵抗バー内標準偏差 (SVRSTD) :

集積時 (薄膜プロセス中) において演算されたMR膜113の仮想抵抗の、1つのバー内での標準偏差である。

【0104】

ここで、1つのMR素子についての集積時リード抵抗LDRおよび集積時仮想抵抗RSV ($=C + RSH \times W1$) の算出方法を説明する。なお、Cはクラウディング (Crowding ; 密集) 抵抗と呼ばれるもので、MR膜113と第1リード層116との接続部分において電流の集中により生ずる電流の通りにくさの程度 (一種の接触抵抗) を表すものである。また、RSHはシート抵抗であり、抵抗率 ρ / 膜厚 t で与えられる。

【0105】

集積時リード抵抗RL および集積時仮想抵抗RSVの求め方は、次のようである。すなわち、RLGセンサ54, 55, 56の各抵抗値をR1, R2, R3とし、リードパターン (第1リード層116および第2リード層117) の抵抗値をRLとし、およびMR膜113のシート抵抗をRSHとすると、図5から明らかのように、次の (2) ~ (4) 式が成り立つ。

【0 1 0 6】

$$R1 = RL + (C / H1) + (RSH \times W1) / H1 \cdots (2)$$

$$R2 = RL + (C / H2) + (RSH \times W2) / H2 \cdots (3)$$

$$R3 = RL + (C / H3) + (RSH \times W3) / H3 \cdots (4)$$

【0 1 0 7】

ここで、図 5 より、 $H2 = H3 = H1 - a$ ， $W2 = W1$ ， $W3 = W1 + a$ を (2) ～ (4) 式に代入すると、次の (2') ～ (4') 式を得る。但し、 a は $H1$ より小さい定数であり、例えば $a = 10$ とされる。

【0 1 0 8】

$$R1 = RL + (C / H1) + (RSH \times W1) / H1 \cdots (2')$$

$$R2 = RL + C / (H1 - a) + (RSH \times W1) / (H1 - a) \cdots (3')$$

$$R3 = RL + C / (H1 - a) + RSH \times (W1 + a) / (H1 - a) \cdots (4')$$

【0 1 0 9】

したがって、これらの三元連立方程式を解くことにより、次の (5)，(6) 式で表される集積時リード抵抗 RL および集積時仮想抵抗 $RSV (= C + RSH \times W1)$ が得られる。

【0 1 1 0】

$$RL = R1 + (H1 - a) \times (R1 - R2) / a \cdots (5)$$

$$RSV = -H1 \times (H1 - a) \times (R1 - R2) / a \cdots (6)$$

【0 1 1 1】

なお、これらの RL および RSV の組は、一組の RLG センサ 54，55，56 ごとに得られる。

【0 1 1 2】

さて、上記の (1) 式に、図 8 に示した変数 Si と、図 9 に例示した係数 Ci とを代入すると、次の (1') 式を得る。

【0 1 1 3】

$$S \text{ 値} = -23.036 + (-0.005 \times \text{ROWNO}) + (-2.155 \times \text{IMAVG}) + (1.764 \times \text{IMRNG}) \\ + (6.029 \times \text{R1AVG}) + (-2.435 \times \text{R1STD}) + (-5.134 \times \text{R2AVG}) + (1.077 \times \text{R2STD})$$

)

$$+ (7.116 * IMRRAVG) + (0.617 * SheetRAVG) + (-0.281 * SheetRSTD) \dots (1')$$

【0114】

結局、本実施の形態では、コンピュータ9は、(1')式を用いてS値を求めて、これを記憶装置13のS値格納部11に格納する(図5ステップS1)。

【0115】

なお、S値の演算は、上記のように研磨加工に用いるコンピュータ9を用いて演算するほか、研磨加工とは別個に(オフラインで)、他のコンピュータを用いて予め演算するようにしてもよい。いずれにしても、S値は研磨加工の開始前に演算しておけばよい。

【0116】

再び図3に戻って説明する。

【0117】

図3(B)に示したように、ウェハ14を短冊状に切断して、所定の寸法の多数のバー1を得る。このとき、各バー1には、複数個(複数組)のMR膜やRLGセンサ等の配列が含まれるようにする。ウェハ14の切断は、例えば図6に示したような分割パターンで行う。この図6の例では、ウェハ14のうち、実質的に利用可能な領域から、104本のバー1を切り出すようにしている。1本のバー1には、例えば、それぞれがMR膜113を有する38個のヘッドコア部と、24個のダミーのRLGセンサと、5個のダミーのMセンサとが含まれる。

【0118】

次に、図3(C)に示したように、バー1を、その切断面(エアベアリング面となる面)を上にして、治工具2に接着して固定する。このときの治工具2は、そのバー1が切り出されたウェハ14とそのウェハ14内においてそのバー1が占めていた位置とを表すバー番号に対応したバーコード3が付されたものを使用する。

【0119】

続いて、図3(D)に示したように、治工具2に付されているバーコード3をバーコードリーダ4により読み取って、バー1の番号を識別する。

【0120】

次に、図4（A）に示したように、バー1を保持している治工具2をRLG加工機8にセットし、そのRLG加工機8によるバー1の切断面の研磨加工を開始する。

【0121】

図4（B）に示したように、コンピュータ9は、バー1の研磨加工工程において、所定の時間（例えば、5～10秒）が経過するごとに（図5ステップS2；Y）、RLGセンサ54、55、56の抵抗値およびMセンサ59の抵抗値を計測する（ステップS3）。具体的には、RLG抵抗計測器6が、プローブ20をRLGセンサ54、55、56に接触させてその抵抗値を計測し、Mセンサ抵抗計測器7がプローブ21をMセンサ59に接触させて、それぞれの抵抗値を計測する。コンピュータ9はまた、計測により得られたRLGセンサ54、55、56の抵抗値およびリードパターンの抵抗RLと、既に得られているウェハ情報としての集積時仮想抵抗RSVを用いて、次の（7）式を用いて、MRハイトHMRを求める。

【0122】

$$HMR = RSV / (R1 - RL) = C + RSH \times W1 / (R1 - RL) \dots (7)$$

【0123】

次に、コンピュータ9は、研磨加工時における各計測パラメータについて重回帰分析法を用いて予め作成しておいた演算係数テーブル12から、各計測パラメータに関連する係数を読み出す。コンピュータ9はさらに、次の（8）式により、読み出した係数と各計測パラメータの値とを掛け合わせた上でそれらの乗算結果を足し合わせるといふ重み付け演算を行い、K値を求める（ステップS4）。

【0124】

$$K \text{ 値} = \Sigma (Dj \times Kj) \dots (8)$$

【0125】

ここで、 $j = 1 \sim 3$ である。 Kj は、図8の変数一覧に示した加工時情報であり、 Dj は、図9の係数一覧に示した値をとる。ここで、図8に示した加工時情報について説明する。

【0 1 2 6】

〔1〕 研磨加工時のMRハイトのバー平均（FMRH A V G）：

研磨工程において（7）式により求めた複数のMRハイトを1つのバー内で平均したものである。

【0 1 2 7】

〔2〕 研磨加工時のRLGセンサ抵抗のバー平均（FRLG A V G）：

研磨工程においてRLG抵抗計測器6により得た複数のRLGセンサの抵抗値をバー内で平均した値である。

【0 1 2 8】

〔3〕 研磨加工時の仮想抵抗RSVのバー平均（FMA V G）：

研磨工程において（6）式により求めた複数の仮想抵抗値RSVを1つのバー内で平均したものである。

【0 1 2 9】

係数D_j が、図9に示した値をとるものとする、（8）式は次の（8'）式のようになる。コンピュータ9は、この（8'）式を用いて、K値を算出する。

【0 1 3 0】

$K \text{ 値} = (5.660 \times \text{FMRH}) + (0.114 \times \text{FRLGAVG}) + (0.212 \times \text{FMAVG}) \dots (8')$

【0 1 3 1】

次に、コンピュータ9は、記憶装置13のS値格納部11からS値を取り込み（ステップS5）、このS値と、（8'）式から求めたK値とを加算して、MR抵抗推定値を算出する（ステップS6）。

【0 1 3 2】

コンピュータ9はさらに、求めたMR抵抗推定値を所定のしきい値R_{th}（目標抵抗値）と比較して、そのしきい値R_{th}以上の値であれば（ステップS7；Y）、RLG加工機8による研磨加工を停止させる（ステップS8）。一方、MR抵抗推定値が、しきい値R_{th}未満であれば（ステップS7；N）、再びステップS2に戻り、さらに研磨加工を継続してMRハイトを短縮する。

【0 1 3 3】

なお、本実施の形態では、モニタリングの周期ごとに記憶装置13からS値を

取り込むようにしているが、これに代えて、その研磨加工開始の際に一度だけ取り込んで、それを例えばコンピュータ 9 内部の DRAM (ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ) 等に格納しておき、モニタリング周期ごとにそれを読み出して上記のような MR 抵抗推定値の演算用に用いるようにしてもよい。

【0 1 3 4】

次に、図 4 (C) に示したように、研磨工程が終了したバー 1 を、ダイシング工程等により、所定の寸法に切断して、個々の磁気ヘッドスライダ 1 5 を得る。

【0 1 3 5】

[製造された磁気ヘッドの MR 膜抵抗値の分布]

図 1 2 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法および製造装置を用いて製造された多数個の磁気ヘッドの MR 素子の抵抗値を測定した結果を表すものであり、図 1 3 は、従来の磁気ヘッドの製造方法および製造装置を用いて製造された多数個の磁気ヘッドの MR 素子の抵抗値を測定した結果を表すものである。これらのうち、図 1 2 (A) および図 1 3 (A) は、得られた MR 膜の抵抗値の分布を示すヒストグラムであり、横軸は MR 抵抗値を示し、縦軸は度数を示す。一方、図 1 2 (B) および図 1 3 (B) は、各バーから得られた MR 膜の MR 抵抗値のバー平均の推移を表すものであり、横軸はバーの変化 (推移) を示し、縦軸はバーごとの平均 MR 抵抗値を示す。

【0 1 3 6】

図 1 2 (B) から明らかなように、本実施の形態に係る製造方法および製造装置によれば、例えば、1 つのウェハから得られたバーの平均 MR 抵抗値のグループ WA 4 に着目すると、バー平均 MR 抵抗値のばらつき幅は約 1.2Ω 程度と小さく、最もばらつきの大きいグループ WA 2 または WA 3 においても、約 3Ω 以下である。また、各ウェハごとの平均 MR 抵抗値に着目してみると、この平均値はウェハ間でほぼ一定しており、ばらつきが極めて小さい。その結果、全体として分布幅もまた、図 1 2 (A) に示したように狭くなっている。この図の例では、全体の平均値は 45.58Ω であり、標準偏差は 0.47Ω であった。

【0 1 3 7】

これに対して、図 1 3 (B) に示した従来例では、1 つのウェハから得られた

バーの平均抵抗値のばらつき幅は、最大で約 $5\ \Omega$ と大きくなっている。また、各ウェハごとの平均MR抵抗値に着目してみると、この平均値はウェハ間で大きく変動している。その結果、全体として分布幅もまた、図 1 3 (A) に示したように広がっている。この図の例では、全体の平均値は $44.2\ \Omega$ であり、標準偏差は $1.22\ \Omega$ であった。

【0 1 3 8】

このように、本実施の形態の磁気ヘッドの製造方法によれば、最終的なMR膜の抵抗値に影響を与える可能性のあるウェハ段階での各種の要因を、研磨の開始前に統計的手法を用いてS値として表すと共に、最終的なMR膜の抵抗値に影響を与える可能性のある研磨段階での各種の要因を、研磨工程途中において一定周期で統計的手法を用いてK値として表している。そして、これらの2つの値から、研磨工程中のMR抵抗推定値を時々刻々求め、このMR抵抗推定値が目標抵抗値に達したところで研磨加工を停止するようにしている。この結果、製造される磁気ヘッドのMR抵抗値を精度よく目標範囲内に入れることができると共に、MR抵抗値のばらつきを抑制することができる。

【0 1 3 9】

すなわち、本実施の形態によれば、ウェハにMR素子等が集積形成された時点または研磨加工の開始前の時点で得られる各種のデータ（ウェハ情報）をも考慮して研磨の停止時点を決定するようにしているので、従来のように、単にMRハイトをモニタリングしながら素子寸法を追随制御する場合と比べて、ウェハに対する素子集積時に既に作り込まれているばらつきの要因を低減させることができ、ウェハ間およびバー間におけるMR抵抗値の均一化が可能である。しかも各MR抵抗の絶対値も適正数値範囲から外れることが殆どない。これにより、製品の歩留りを大きく向上させることが可能となる。

【0 1 4 0】

また、本実施の形態によれば、S値およびK値の双方を統計的手法に基づいて求めるようにしているので、経験的事実に基づいた最適な研磨制御が可能であり、MR抵抗値を均一化し、かつMR抵抗の絶対値を適正化する上でさらに有効である。

【0 1 4 1】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、S 値と K 値の双方を用いて MR 抵抗推定値を求めるようにしたが、本発明はこれに限定されず、例えば、S 値のみを考慮して MR 抵抗推定値を求めるようにしてもよい。また、S 値と、K 値のうちの一部（例えば MR ハイト）とを考慮して MR 抵抗推定値を求めるようにしてもよい。あるいは、S 値を考慮せずに、K 値のみを考慮して MR 抵抗推定値を求めるようにしてもよい。

【0 1 4 2】

また、本実施の形態では、(1) 式や (8) 式における係数 C_i , D_j を求める際の統計的手法として重回帰分析を用いることとしたが、それ以外の手法を用いるようにしてもよい。

【0 1 4 3】

また、上記実施の形態では、3 インチ程度のウェハを用いる場合についての一例を述べたが、6 インチ以上の大型ウェハを用いるようにしてもよい。但し、その場合には、3 ～ 5 インチ程度のウェハ用の既存の露光装置やフォトリソグラフィ工程などの制約上、図 1 4 に一例を示すように、大型ウェハ 1 6 内を複数の矩形ブロック A, B, C, ..., F に分割し、各ブロックからバーを切り出すようにすればよい。その場合には、その大型ウェハ 1 6 から切り出された各バーがどのブロックのどの位置から切り出されたものであるのかを示す位置情報や、同一ウェハ内での位置による露光条件の違いを示す情報等を、MR 抵抗推定値を算出するための演算式に用いる変数として用いるのが好ましい。

【0 1 4 4】

また、MR 抵抗推定値を算出するための演算式に用いる変数の種類としては、図 8 に示したような計測値の平均値や標準偏差のほか、それらの計測値の最大値、最小値、中央値、あるいは最頻値等の統計情報などを別の変数として考慮するようにしてもよい。そのような変数を考慮する場合には、それらの変数の MR 抵抗値に対する寄与の度合いを、重み付け係数として統計的手法により予め決定しておき、その係数をも用いた重み付け演算を行なうようにすればよい。

【0145】

また、上記実施の形態では、各バーごとに研磨加工を制御する場合の一例について示したが、さらには、1つのバーから得られた各ヘッドスライダごとに研磨加工を制御するようにしてもよい。その場合には、個々のヘッドスライダごとにS値やK値を算出するようにすればよい。

【0146】

また、本実施の形態では、磁気ヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子を例に説明したが、本発明は、例えば加速度センサや地磁気センサ等の各種検出デバイスに用いられる磁気抵抗効果素子や、そのような検出デバイスを製造する場合にも適用可能である。

【0147】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし請求項11のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項15ないし請求項25のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造装置によれば、基体から切り出された各棒状片に対し、基体情報を利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように棒状片の研磨加工を制御することとしたので、研磨加工開始前から既に存在している事実を考慮した研磨制御が可能になるという効果を奏する。

【0148】

特に、請求項2記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項16記載の磁気変換素子の製造装置によれば、基体情報と統計的処理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により第1の値を求めると共に、この第1の値を用いて推定抵抗値を求め、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片の研磨加工制御を行うようにしたので、上記効果に加えて、さらに、統計的あるいは経験的事実に基づいて最適化された研磨制御が可能になるという効果を奏する。

【0149】

特に、請求項5ないし請求項11のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項19ないし請求項25のいずれか1項に記載の磁気変換素子の製造装置によれば、さらに、研磨加工中の棒状片に関する加工時情報をも取得

し、この加工時情報と基体情報とを利用して、棒状片に含まれる感磁層が所定の目標抵抗値を有することとなるように棒状片の研磨加工を制御するようにしたので、研磨加工開始前から既に存在している事実に加え、研磨加工開始後の事実をも考慮した研磨制御が可能になるという効果を奏する。

【0150】

また、請求項 1 2 ないし請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項 2 6 ないし請求項 2 8 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造装置によれば、研磨工程において、加工中の棒状片に関する加工時情報を取得し、この加工時情報と統計的処理がなされた重み係数とを用いた所定の演算により第 2 の値を求めると共に、この第 2 の値を用いて推定抵抗値を求め、この推定抵抗値が目標抵抗値となるように棒状片の研磨加工を制御することとしたので、研磨加工開始後における統計的あるいは経験的事実に基づいて最適化された研磨制御が可能になるという効果を奏する。

【0151】

また、請求項 2 9 記載の磁気ヘッドの製造方法、または請求項 3 0 記載の磁気ヘッドの製造装置によれば、請求項 1 ないし請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項 1 5 ないし請求項 2 5 のいずれか 1 項に記載の磁気変換素子の製造装置を使用して、磁気ヘッドが製造されるようにしたので、研磨加工開始前から既に存在している事実を考慮した研磨制御を経て磁気ヘッドが製造されるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る磁気ヘッドの製造装置の概略構成を表す外観図である。

【図 2】

図 1 に示した磁気ヘッドの製造装置における制御部分の概要構成を表すブロック図である。

【図 3】

本発明の一実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法の概略を表す工程図である

【図 4】

図 3 に続く工程図である。

【図 5】

図 1 および図 2 に示したコンピュータの制御動作を表す流れ図である。

【図 6】

ウェハの切断パターンの一例を表す図である。

【図 7】

バー内におけるMR素子、RLGセンサおよびMセンサの配置例を表す平面図である。

【図 8】

S 値の算出に用いられる基体情報およびK 値の算出に用いられる加工時情報の種類を表す図である。

【図 9】

個々の基体情報および加工時情報ごとに対応する重み係数名の係数値の一例を表す図である。

【図 1 0】

製造対象としての磁気ヘッドの構造を表す断面図である。

【図 1 1】

製造対象としての磁気ヘッドの構造を表す平面図である。

【図 1 2】

本発明に係る磁気ヘッドの製造方法によって製造された磁気ヘッドにおけるMR素子の抵抗値のばらつきの状態を表す図である。

【図 1 3】

従来の磁気ヘッドの製造方法によって製造された磁気ヘッドにおけるMR素子のMR抵抗値のばらつきの状態を表す図である。

【図 1 4】

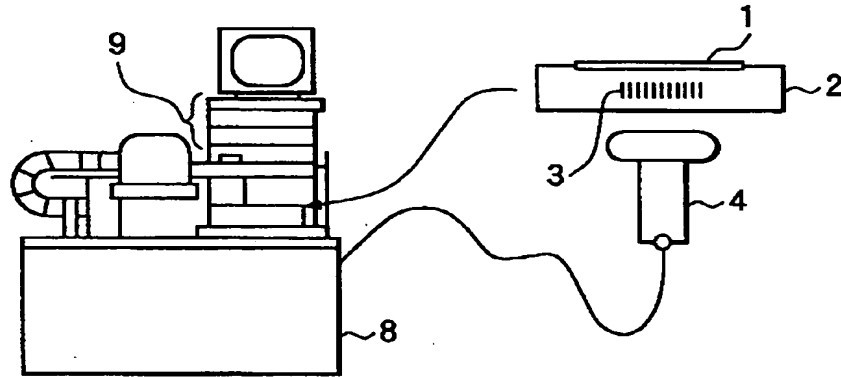
大型ウェハからバーを切り出す場合のブロック化パターンの一例を表す図である。

【符号の説明】

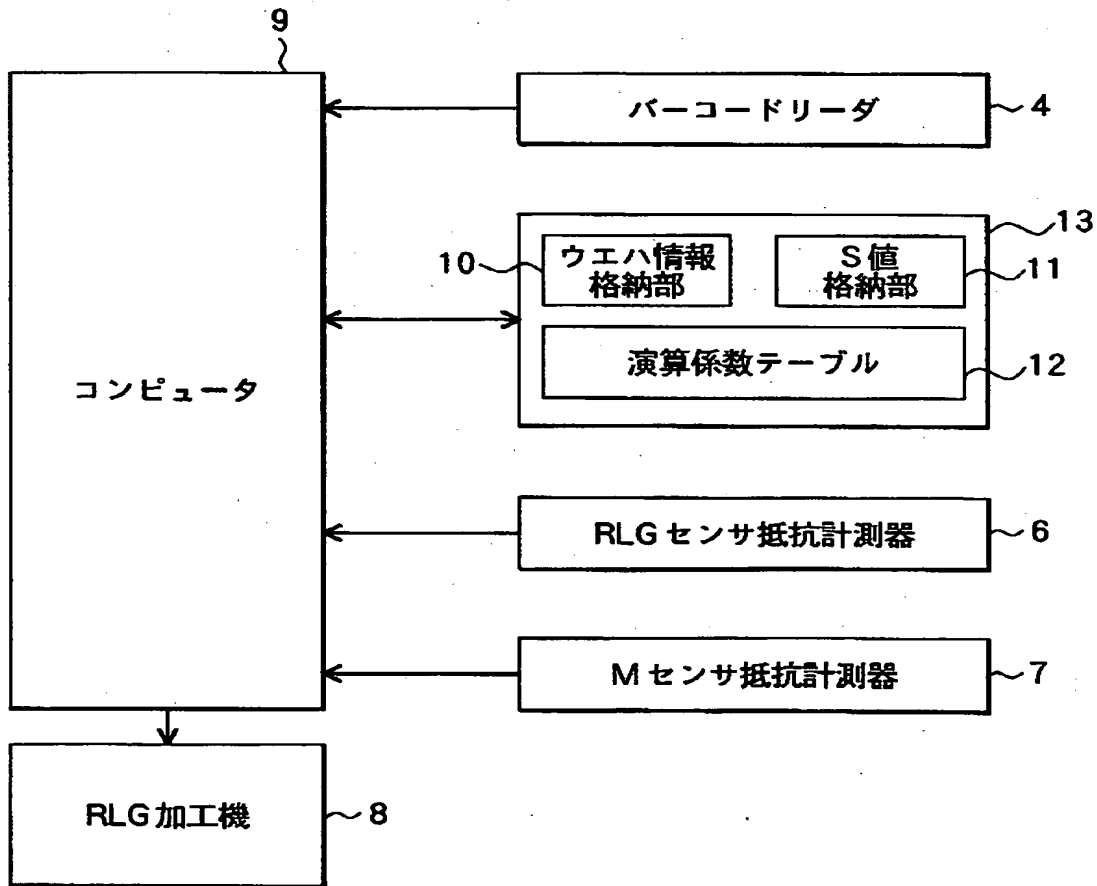
1…バー、2…治工具、6…RLGセンサ抵抗計測器、7…Mセンサ抵抗計測器、8…RLG加工機、9…コンピュータ、10…基体情報格納部、11…S値格納部、12…演算係数テーブル、13…記憶装置、14…基体、15…ヘッドスライダ、54, 55, 56…RLGセンサ、59…Mセンサ、113, 113-1～113-3…MR膜。

【書類名】 図面

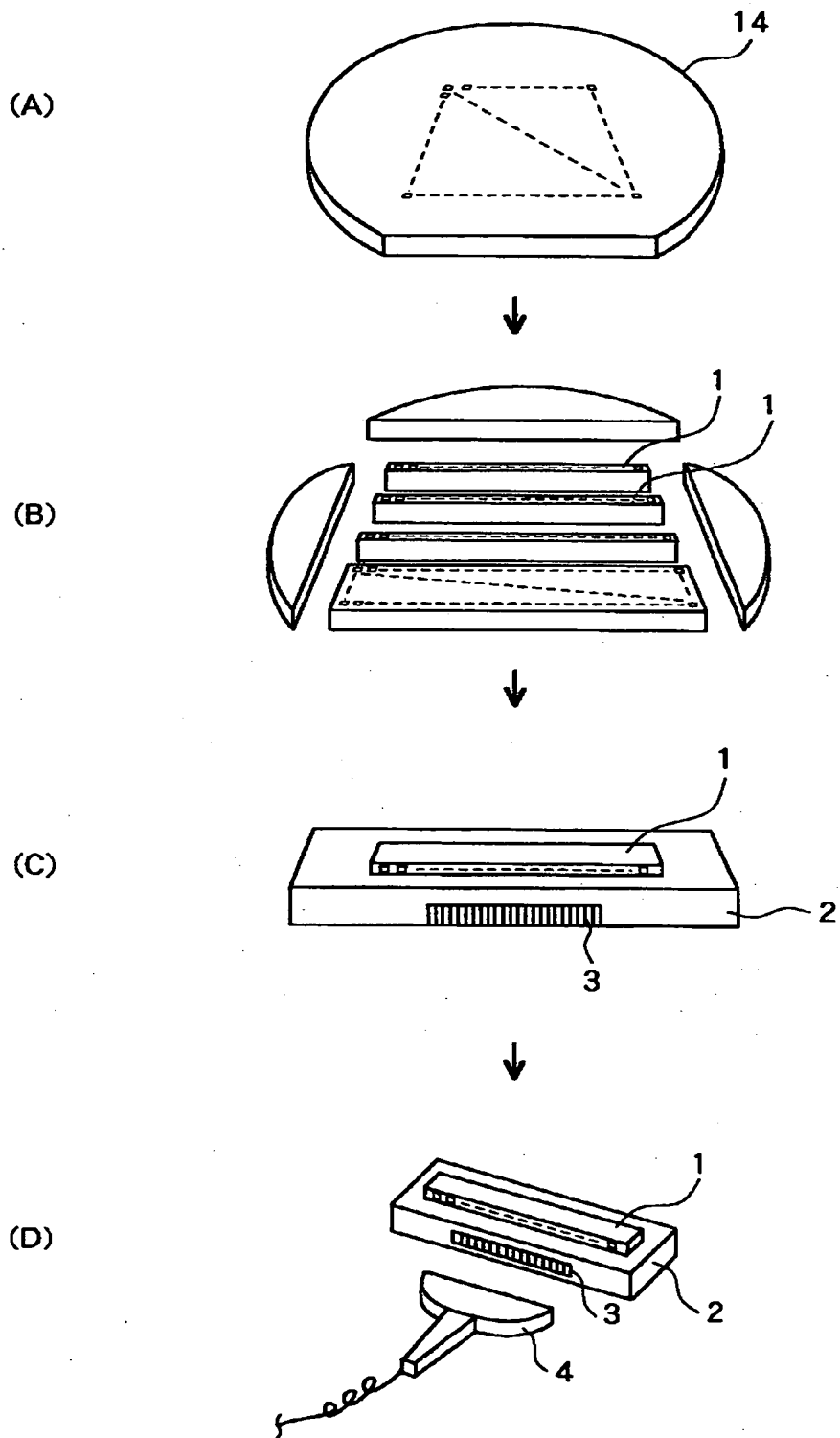
【図 1】



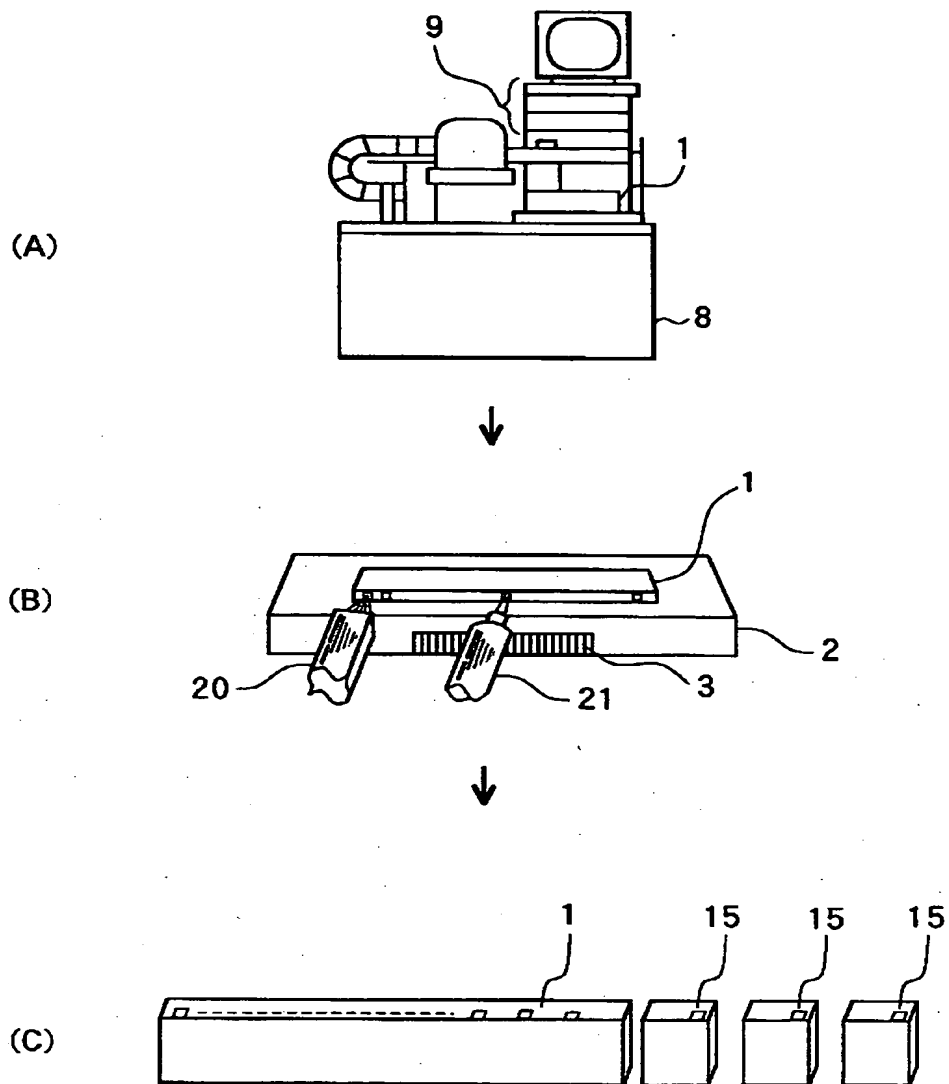
【図 2】



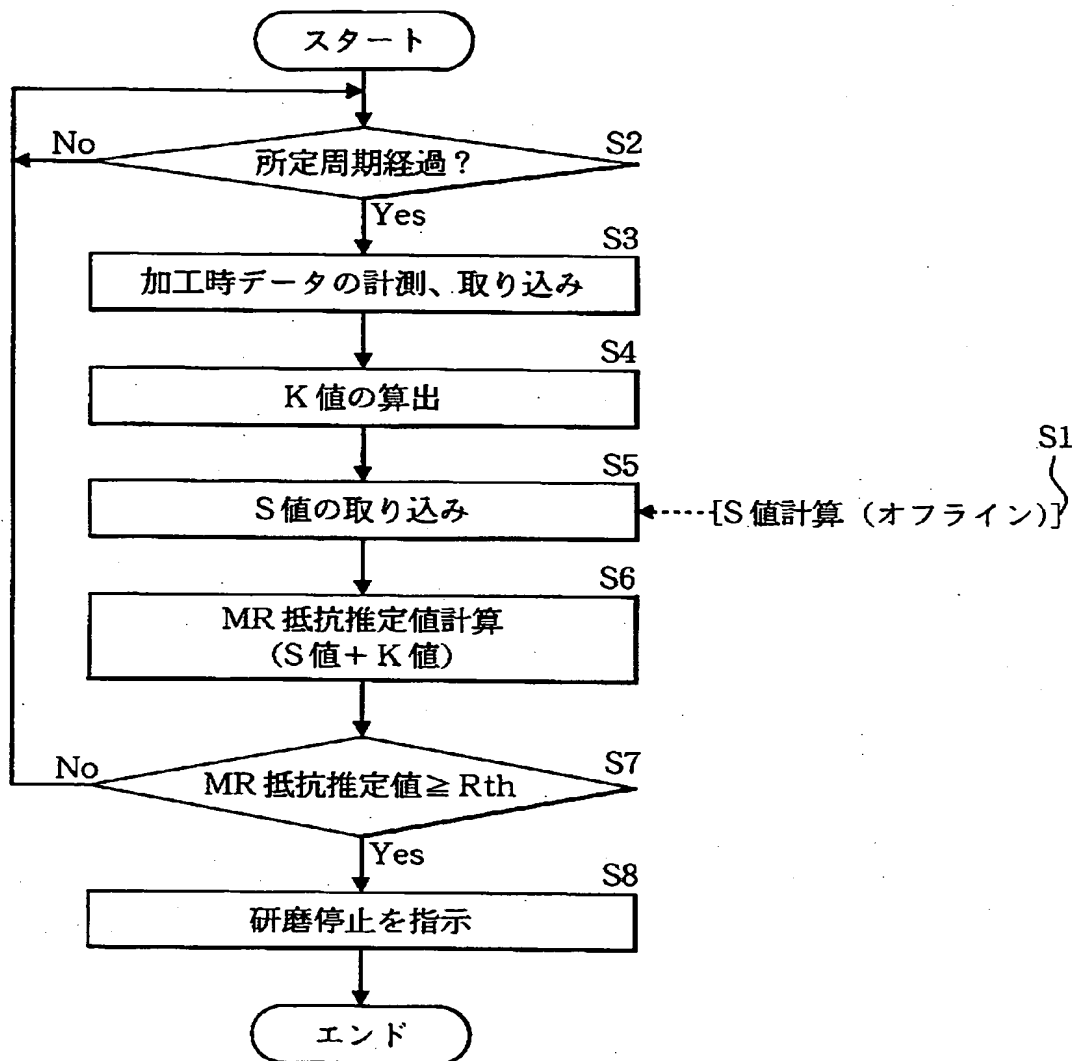
【図 3】



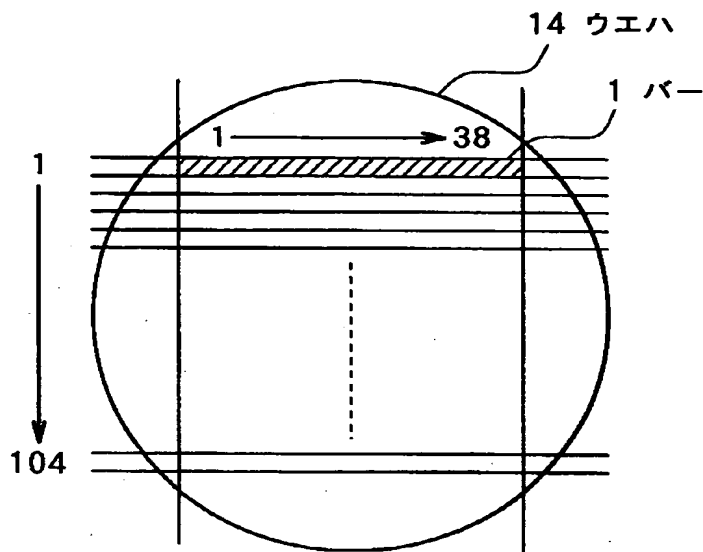
【図 4】



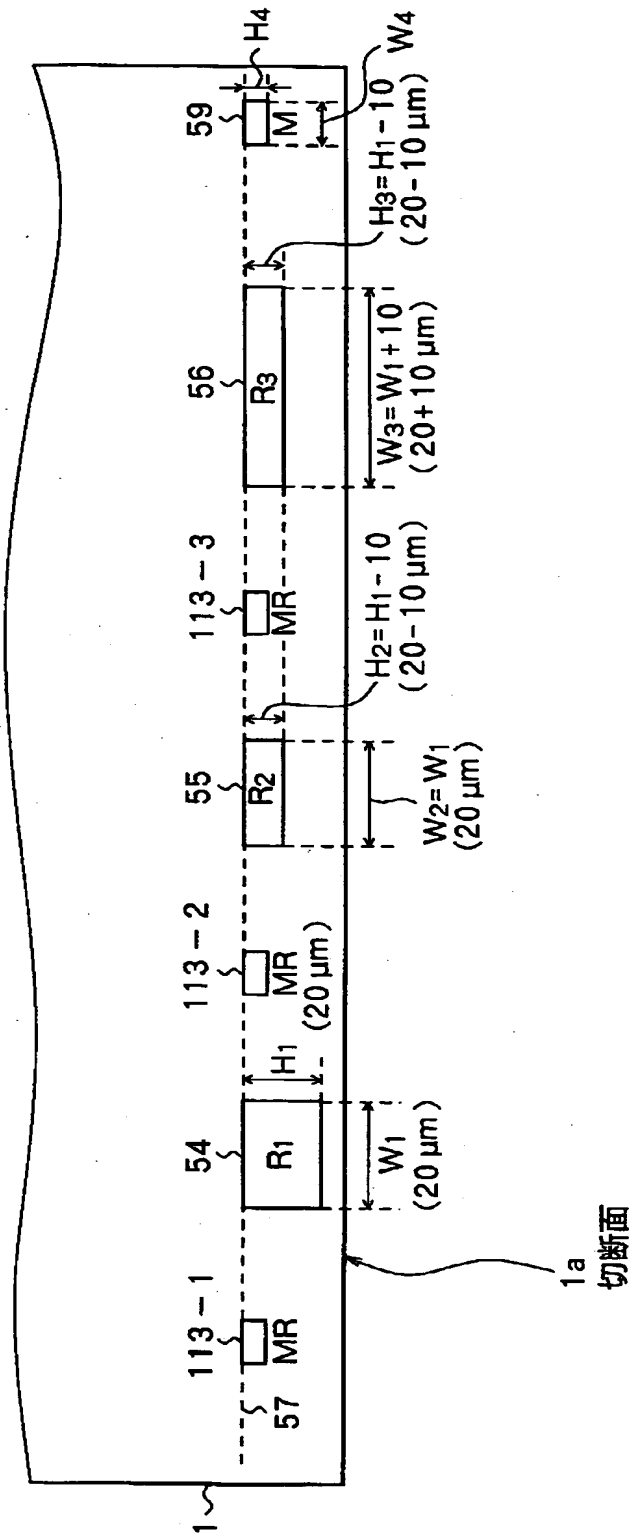
【図 5】



【図 6】



【图 7】



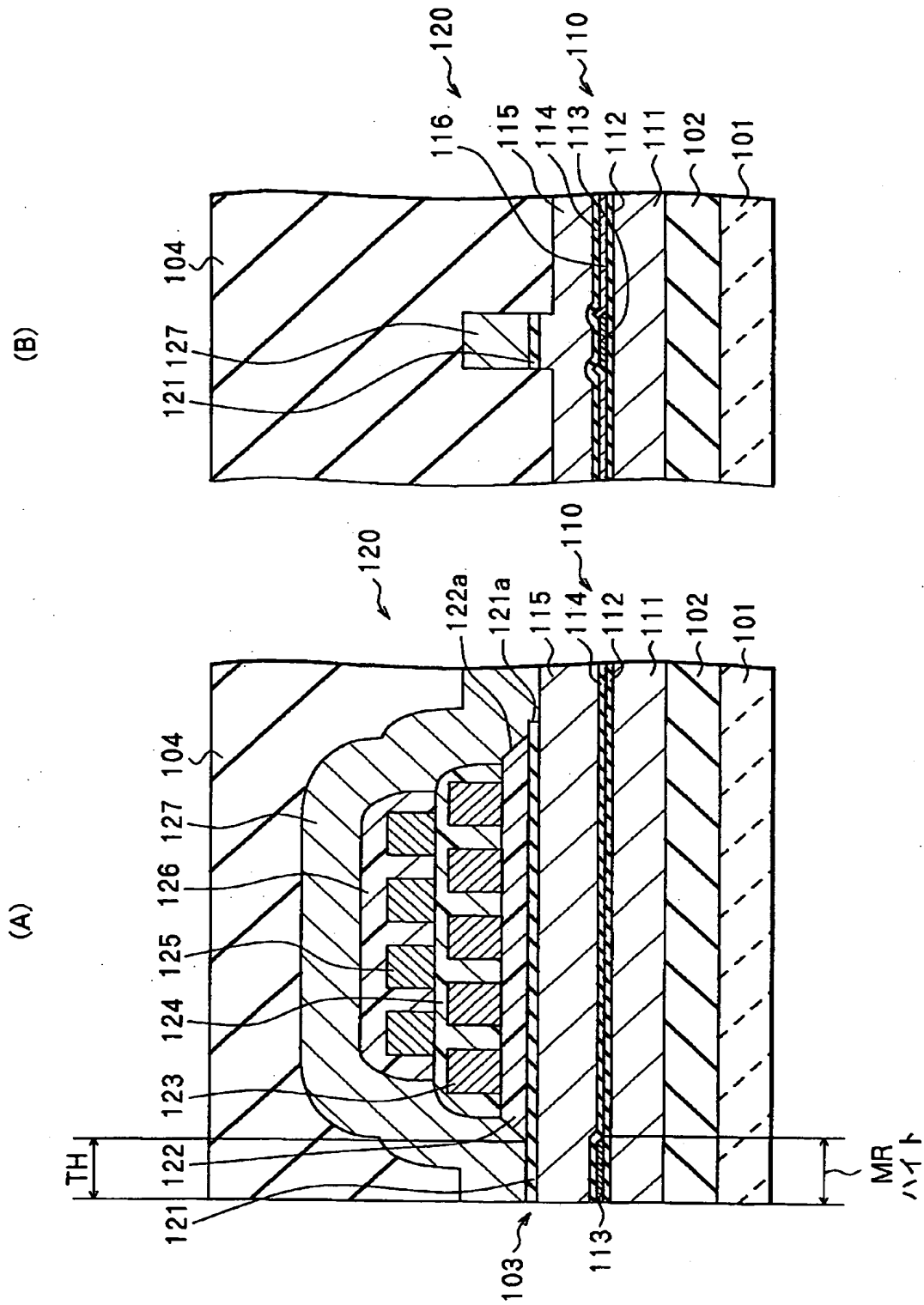
【図 8】

		変数	
ウェハ 情報	S1	ROWNO	バー番号
	S2	IMAVG	集積時 M センサー抵抗バー平均
	S3	IMRNG	集積時 M センサー抵抗バー内レンジ
	S4	R1AVG	集積時 RLG センサー 1 抵抗バー平均
	S5	R1STD	集積時 RLG センサー 1 抵抗バー内標準偏差
	S6	R2AVG	集積時 RLG センサー 2 抵抗バー平均
	S7	R2STD	集積時 RLG センサー 2 抵抗バー内標準偏差
	S8	R3AVG	集積時 RLG センサー 3 抵抗バー平均
	S9	R3STD	集積時 RLG センサー 3 抵抗バー内標準偏差
	S10	IMRRAVG	集積時 MR 素子の抵抗バー平均
	S11	IMRRSTD	集積時 MR 素子の抵抗バー内標準偏差
	S12	LDRAVG	リード抵抗バー平均
	S13	LDRSTD	リード抵抗バー内標準偏差
	S14	SheetRAVG	シート抵抗バー平均
	S15	SheetRSTD	シート抵抗バー内標準偏差
	S16	SVRAVG	$C + S \times W$ 抵抗バー平均
	S17	SVRSTD	$C + S \times W$ 抵抗バー内標準偏差
加工時 情報	K1	FMRHAVG	RLG 加工時 MR ハイトのバー平均
	K2	FRLGAVG	RLG 加工時 RLG センサ抵抗バー平均
	K3	FMAVG	RLG 加工時 M センサ抵抗バー平均

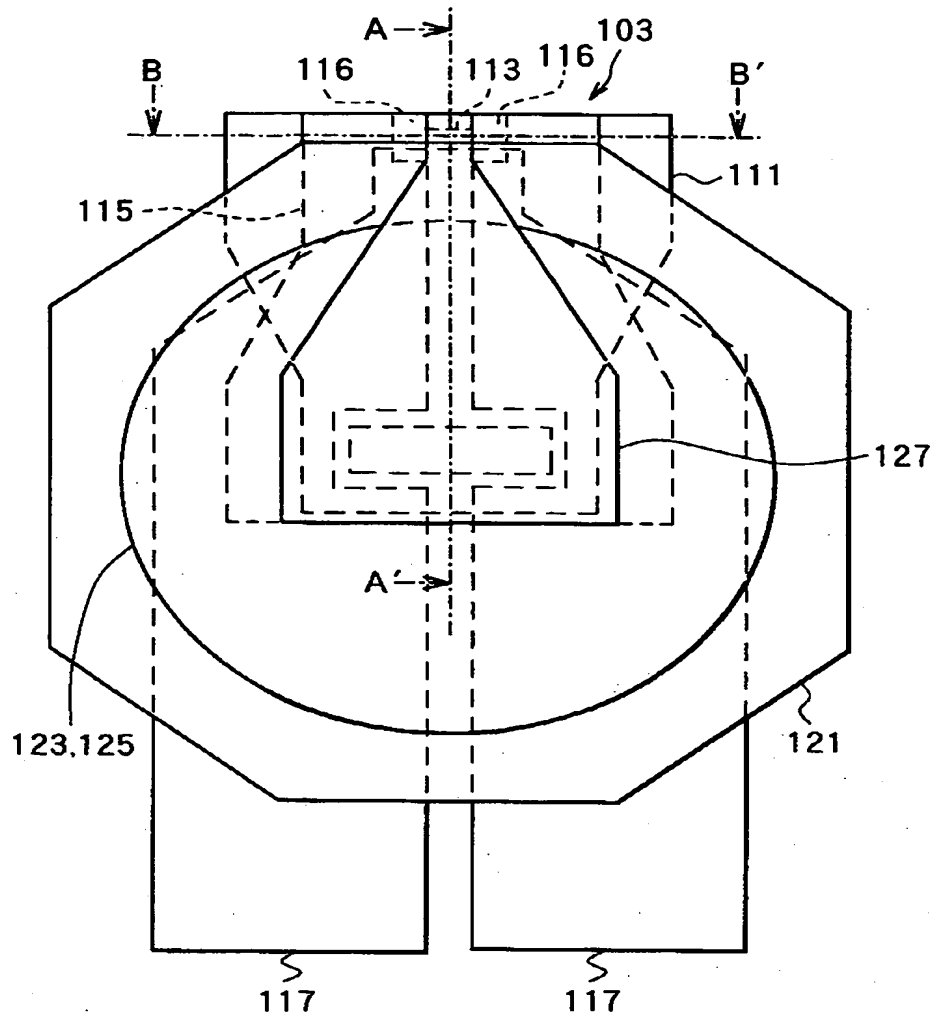
【図 9】

	説明変数名	分散比	偏回帰係数
C0	定数項	20.7201	- 23.036
C1	ROWNO	25.6668	- 0.005
C2	IMAVG	31.7809	- 2.155
C3	IMRNG	36.1613	1.764
C4	R1AVG	83.4616	6.029
C5	R1STD	6.9186	- 2.435
C6	R2AVG	151.3326	- 5.134
C7	R2STD	4.5411	1.077
C8	R3AVG	0.253	0
C9	R3STD	0.8593	0
C10	IMRRAVG	539.3231	7.116
C11	IMRRSTD	0.4357	0
C12	LDRAVG	0.069	0
C13	LDRSTD	1.6833	0
C14	SheetRAVG	3.1087	0.617
C15	SheetRSTD	18.3665	- 0.281
C16	SVRAVG	0.0505	0
C17	SVRSTD	0.0015	0
D1	FMRHAVG	3.092	5.66
D2	FRLGAVG	158.4078	0.114
D3	FMAVG	155.6401	0.212

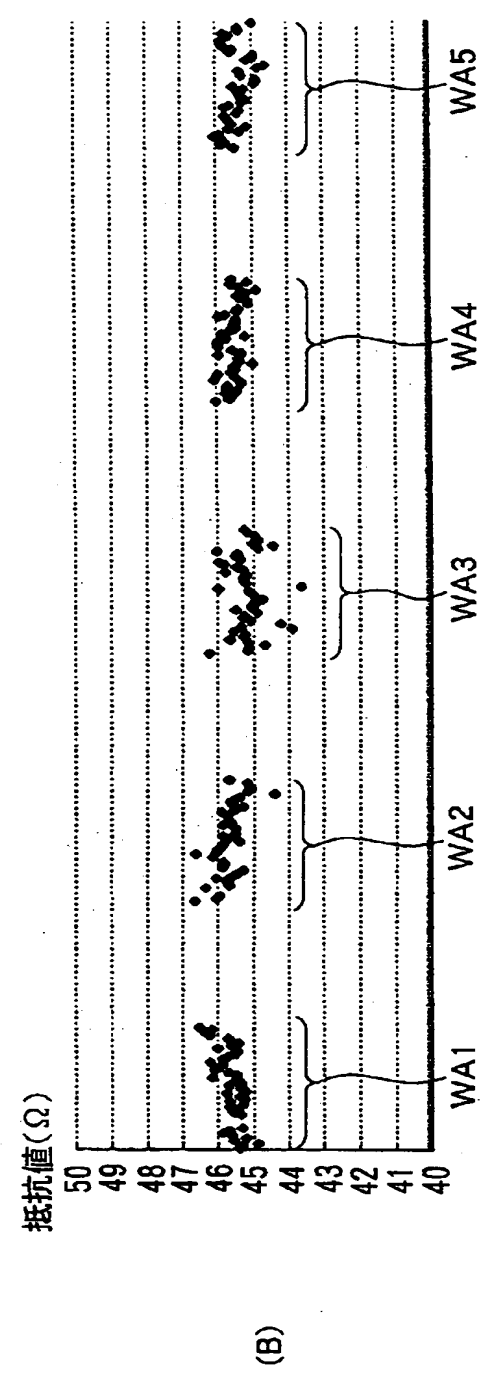
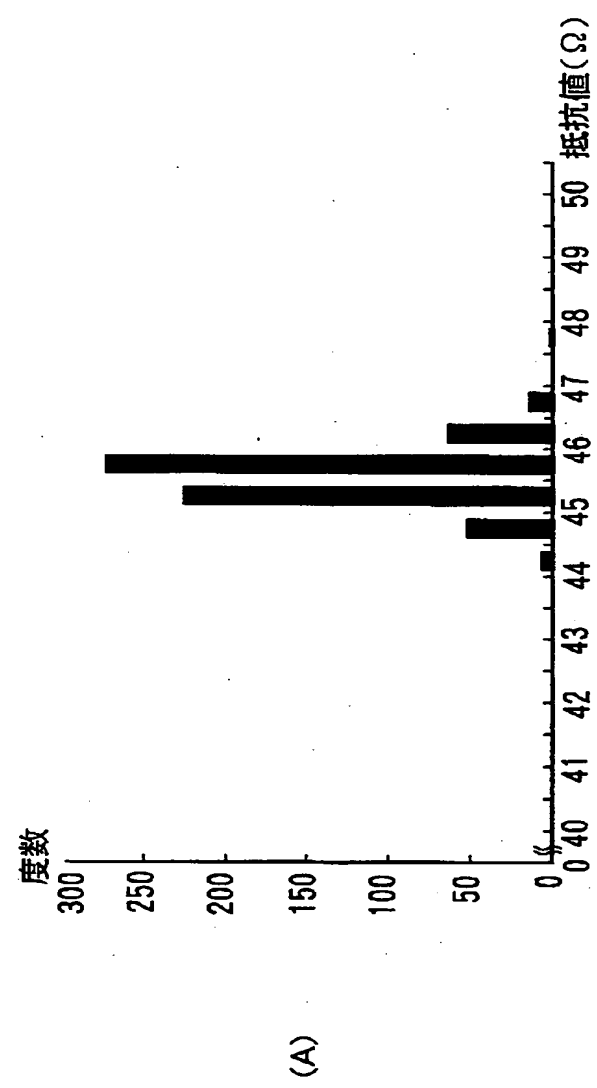
【図 10】



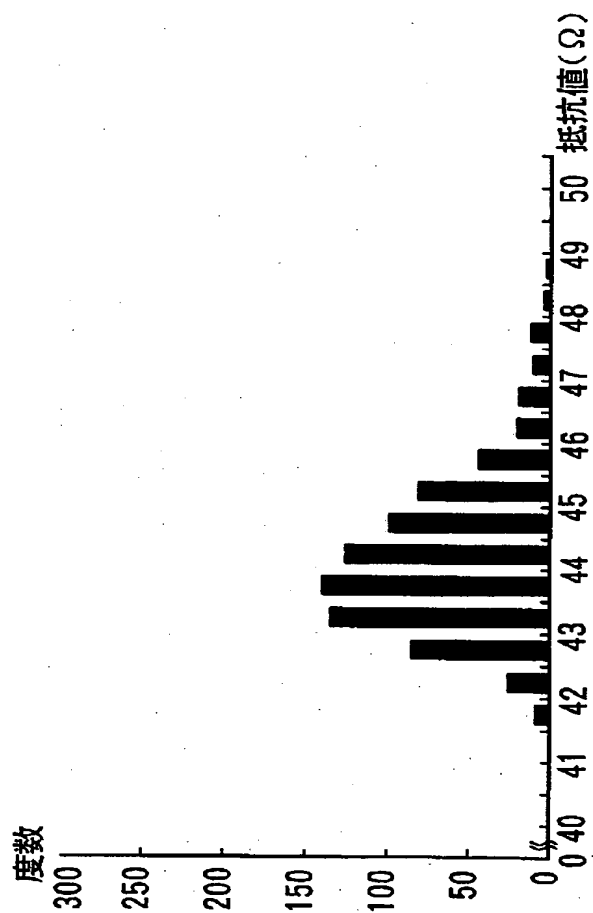
【図 1 1】



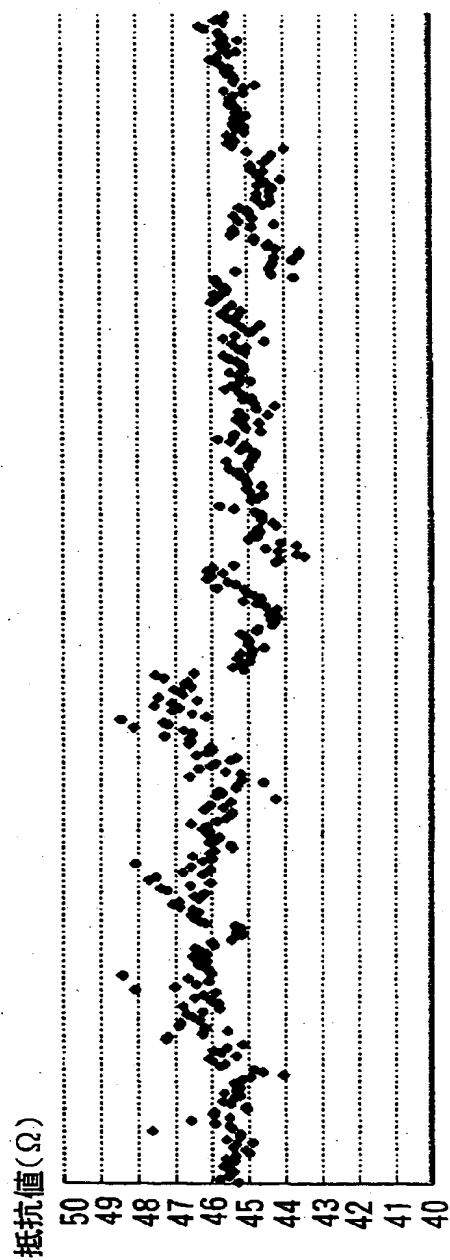
【図 1 2】



【図 1 3】

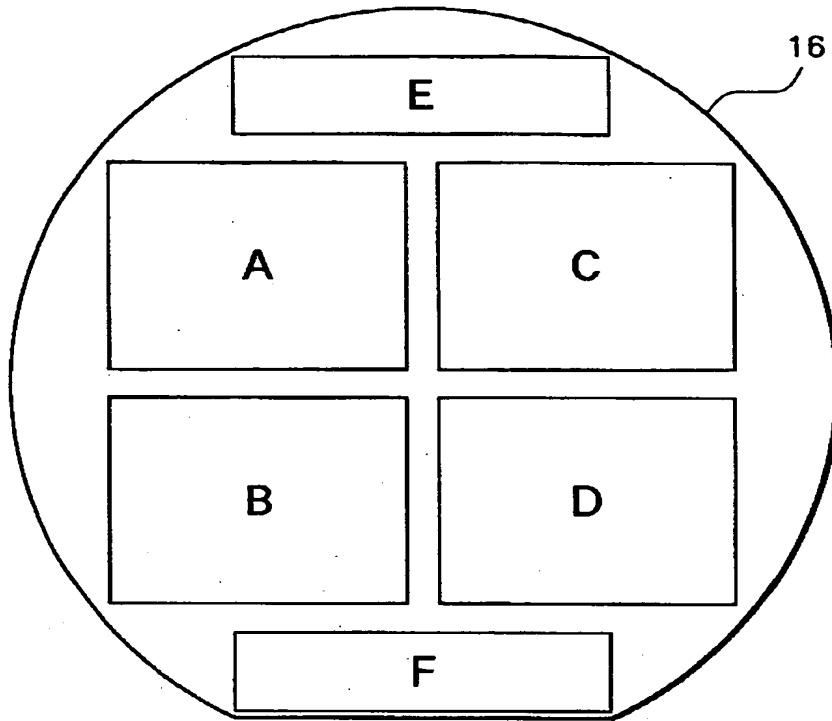


(A)



(B)

【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子の特性のばらつきや分布中心の変動を抑制し得る磁気抵抗効果素子の製造方法および装置、ならびに磁気ヘッドの製造方法および装置を提供する。

【解決手段】 研磨の開始前に、最終的なMR膜の抵抗値に影響を与える可能性のあるウェハ段階での各種の要因を含むウェハ情報を取得し、この情報から、統計的手法を用いてS値を求める。研磨工程中は、一定周期で、最終的なMR膜の抵抗値に影響を与える可能性のある研磨段階での各種の要因を含む加工時情報を取得し（ステップS3）、この情報から統計的手法を用いてK値を求める（S4）。次に、S値およびK値から、研磨工程中のMR抵抗推定値を求め、このMR抵抗推定値が目標抵抗値に達した時点で（S7）、研磨加工を停止する（S8）。

【選択図】 図5

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第173684号
受付番号	59900588377
書類名	特許願
担当官	鈴木 夏生 6890
作成日	平成11年 6月25日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
【氏名又は名称】	ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1-14-5 新宿KMビル5 階502号 翼 国際特許事務所
【氏名又は名称】	三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1-14-5 新宿KMビル5 階502号 翼 国際特許事務所
【氏名又は名称】	藤島 洋一郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名 ティーディーケイ株式会社